

**ANÁLISIS DE ACCIDENTES DE TRÁNSITO EN LA CIUDAD DE CALI TENIENDO
EN CUENTA LA INFRAESTRUCTURA CONSTRUIDA PARA LOS MOTOCICLISTAS
“MOTOVIA”**

JENNY MARCELA CASTELLANOS CASTAÑEDA

**UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL Y GEOMÁTICA
SANTIAGO DE CALI
2018**

**ANÁLISIS DE ACCIDENTES DE TRÁNSITO EN LA CIUDAD DE CALI TENIENDO
EN CUENTA LA INFRAESTRUCTURA CONSTRUIDA PARA LOS MOTOCICLISTAS
“MOTOVIA”**

JENNY MARCELA CASTELLANOS CASTAÑEDA

**Trabajo de grado para optar al título de
Ingeniera Topográfica**

Director: PhD. CIRO JARAMILLO MOLINA

Codirector: PhD. CARLOS ANDRÉS FANDIÑO LOZADA

**UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL Y GEOMÁTICA
SANTIAGO DE CALI**

2018

Este trabajo se lo dedico
A mi madre por su apoyo incondicional
Jenny M. Castellanos

AGRADECIMIENTO

A Dios por ser mi guía.

Al PhD Ciro Jaramillo Molina y al PhD Carlos Andrés Fandiño por su acompañamiento y guía en el desarrollo de este estudio.

A Diana Martínez y Marisol Gordillo por compartir su conocimiento de forma incondicional.

A Maylen Arango y Lina Berdugo por la motivación y apoyo incondicional en los momentos difíciles que viví durante el desarrollo de este proyecto.

A Fabio Hincapié por su inmenso amor y apoyo incondicional.

A mi familia por brindarme siempre su apoyo.

RESUMEN

En este estudio se examina la accidentalidad en la ciudad de Cali, Colombia, donde se ven involucrados motociclistas y se evalúa la intervención de la Motovía como medida de seguridad vial. Se tienen en cuenta datos de accidentes de tránsito desde el mes de septiembre de 2009 hasta el 31 de diciembre de 2014 abarcando un periodo pre y post intervención, lo cual permite identificar si se ha dado una disminución significativa en las cifras de morbilidad y mortalidad por eventos de tránsito. Para este estudio se aplicó métodos de estadística descriptiva para calcular el porcentaje de daños, heridos y muertos en las 22 comunas que comprenden la ciudad, concluyendo que la comuna 19 presentó un 10,93% del total de los accidentes de tránsito ocurridos durante el periodo de estudio. Se llevó a cabo una identificación de Hot Spots por estimación de densidad de Kernel donde se identificaron las intersecciones viales que presentan el mayor índice de accidentalidad donde se ven involucrados motociclistas, y se evaluó la implementación de carriles exclusivos para motos por método de datos de panel, donde se pudo identificar que no se ha presentado un decremento adicional significativo en los accidentes de tránsito en las vías intervenidas, mientras que si se pudo evidenciar un decremento adicional estadísticamente significativa del 2% por mes transcurrido después de la intervención en las vías controles, y una disminución del 19% por año transcurrido después de las intervención.

Palabras clave: Motovía, datos de panel, accidente de tránsito, Hot Spots

ABSTRACT

This study examines the accident rate in the city of Cali, Colombia, where motorcyclists are involved and the Motovía intervention evaluated as a road safety measure. Traffic accident data taken into account from September 2009 to December 31, 2014, covering a pre and post intervention period, which allows identifying if there has been a significant decrease in the morbidity and mortality figures due to events of transit. For this study, descriptive statistics methods applied to calculate the percentage of damages, injuries and deaths in the 22 municipalities that comprise the city, concluding that the commune 19 presented 10.93% of the total of traffic accidents that occurred during the period study. An identification of Hot Spots was carried out by Kernel density estimation where the road intersections with the highest accident rate where motorcyclists are involved were identified, and the implementation of exclusive motorcycle lanes was evaluated by panel data method. , where it was possible to identify that there was no significant additional decrease in the traffic accidents in the intervened roads, whereas a statistically significant additional decrease of 2% per month elapsed after the intervention in the control routes could be evidenced, and a decrease of 19% per year elapsed after the intervention.

Keywords: Motovía, panel data, traffic accident, Hot Spots

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	11
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
3. OBJETIVOS	15
3.1. OBJETIVO GENERAL	15
3.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
4. JUSTIFICACIÓN.....	16
5. MARCO TEÓRICO	17
6. MARCO REFERENCIAL	19
7. MARCO CONCEPTUAL.....	21
8. MÉTODOLÓGIA.....	23
8.1. ZONA DE ESTUDIO	23
SENTIDO ORIENTE-OCCIDENTE MOTOVÍA	24
SENTIDO OCCIDENTE-ORIENTE MOTOVÍA	25
8.2. RECOPIACIÓN Y DEPURACIÓN DE LA INFORMACIÓN.....	26
8.3. SELECCIÓN DE VARIABLES DEL ANÁLISIS DESCRIPTIVO A NIVEL DE COMUNA	26
8.4. SELECCIÓN DE VIAS CONTROLES PARA ANÁLISIS INTERVENCIÓN MOTOVÍA.....	27
8.5. ANÁLISIS DE LOS DATOS.....	28
8.5.1. MEDIDAS DE TENDENCIA CENTRAL	29
8.5.2. MEDIDAS DE DISPERSIÓN.....	30
8.5.3. MEDIDAS DE FORMA	31
8.6. TASA DE ACCIDENTALIDAD E INDICADORES POR POBLACIÓN Y NÚMERO DE MOTOCICLETAS REGISTRADAS	33
8.7. IDENTIFICACIÓN DE HOT SPOTS	35
8.8. EVALUACIÓN MOTOVÍA MEDIANTE DATOS DE PANEL	36
8.8.1. EFECTOS ALEATORIOS.....	36
8.8.2. EFECTOS FIJOS.....	37
8.8.3. TEST DE HAUSMAN.....	37
9. ANÁLISIS Y RESULTADOS	39

9.1. Análisis de datos estadísticos de los accidentes de tránsito que involucran motocicletas en la ciudad de Cali.....	39
9.1.1. Tasa de accidentalidad e indicadores por población y número de motocicletas registradas	43
9.1.2. Análisis exploratorio de datos espaciales de los accidentes de tránsito que involucran motocicletas en la ciudad de Cali a nivel de comuna	49
9.2. Análisis espacial de los accidentes de tránsito donde se ven involucrados motociclistas.....	57
9.3. Análisis de los accidentes de tránsito donde se ven involucrados motociclistas mediante datos de panel	60
10. CONCLUSIONES.....	63
11. RECOMENDACIONES.....	66
12. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....	67

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1 Fase Metodológica	23
Fig. 2 Área metropolitana de Cali por Comunas	24
Fig. 3 Trayecto Motovía	25
Fig. 4 Tendencia accidentes de tránsito donde se ven involucradas motocicletas según año y mes, periodo de estudio 2009*-2014.....	42
Fig. 5 Análisis de eventos de tránsito por año donde se ven involucrados motocicletas considerando variables de estudio H-D-M.	43
Fig. 6 Tasa accidentes de tránsito donde se ven involucradas motocicletas por población	44
Fig. 7 Índice de heridos en accidentes de tránsito que involucran motos por población	45
Fig. 8 Índice de daños en accidentes de tránsito que involucran motos por población	46
Fig. 9 Índice de muertos en accidentes de tránsito que involucran motos por población.....	46
Fig. 10 Tasa de accidentes de tránsito por 1000 motocicletas	47
Fig. 11 Tasa de accidentes de tránsito por 1000 motocicletas	48
Fig. 12 Índice de daños en accidentes de tránsito por 1000 motocicletas.....	48
Fig. 13 Índice de muertos en accidentes de tránsito por 1000 motocicletas	49
Fig. 14 Estadísticas variable daños (D) años 2009* y 2010	50
Fig. 15 Estadísticas variable daños (D) años 2011 y 2012	50
<i>Fig. 16 Estadísticas variable daños (D) años 2013 y 2014</i>	<i>51</i>
Fig. 17 Daños a nivel de comuna periodo de estudio 2009*-2014.....	51
<i>Fig. 18 Estadísticas variable heridos (H) años 2009* y 2010.....</i>	<i>52</i>
Fig. 19 Estadísticas variable heridos (H) años 2011 y 2012	53
Fig. 20 Estadísticas variable heridos (H) años 2013 y 2014.....	53
Fig. 21 Heridos a nivel de comuna periodo de estudio 2009*-2014.....	54
Fig. 22 Estadísticas Variable muertos (M) a nivel de comuna entre 2009* y 2010	55
Fig. 23 Estadísticas Variable muertos (M) a nivel de comuna entre 2011 y 2012	55
Fig. 24 Estadísticas Variable muertos (M) a nivel de comuna entre 2013 y 2014	56
Fig. 25 Muertos (M) a nivel de comuna periodo de estudio 2009*-2014.....	56
Fig. 26 Identificación de Hot Spots en la ciudad de Cali donde se involucran motocicletas en accidentes de tránsito.....	58
Fig. 27 Código análisis de datos de panel - evaluación de la Motovía, lenguaje de programación C	60

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Variables de estudio a nivel de comuna	27
Tabla 2 Selección vías controles	28
Tabla 3 Variables y parámetros modelo de panel.	38
Tabla 4 Eventos de tránsito años de estudio y periodo 2009*-2014	41
Tabla 5 Datos de Población total y motocicletas registradas para el periodo de estudio	44
Tabla 6 Estimaciones obtenidas a partir de datos de panel	61

1. INTRODUCCIÓN

Un accidente de tránsito se define de acuerdo a la Ley 769 de 2002 – Código Nacional de Tránsito – como un “Evento, generalmente involuntario, generado al menos por un vehículo en movimiento, que causa daños a personas y bienes involucrados en él e igualmente afecta la normal circulación de los vehículos que se movilizan por la vía o vías comprendidas en el lugar o dentro de la zona de influencia del hecho (Ministerio-de-Transporte, 2005)

Para la organización Mundial de la salud (OMS, 2015b), los accidentes de tránsito son catalogados como una epidemia silenciosa, un problema de salud pública, ya que anualmente más de 50 millones de personas resultan heridas por estos eventos, lo cual equivale a gastos de 3% del producto interno bruto (PIB) mundial, y llega a ser un 5% en los países de bajo y mediano ingreso.

Año tras año, los accidentes de tránsito están cobrando muchas vidas, además de los daños y secuelas que dejan estos eventos, afectando en gran medida la calidad de vida de las personas por mucho tiempo. Según la (OMS, 2017) en promedio, 15 colombianos por día mueren en las calles y carreteras de Colombia, entre ellos 6 motociclistas y 5 peatones.

En Colombia, desde la perspectiva de los accidentes de tránsito, los motociclistas son los usuarios que más mueren en las vías. De acuerdo a la secretaria de movilidad de Cali, entre enero y diciembre de 2017, se presentó un total de 14402 accidentes de tránsito, donde 7108 siniestros correspondieron a solo daños, 8215 a lesionados y 307 a muertes en accidentes de tránsito, donde los motociclistas y parrilleros aportaron el 46.2% de los casos fatales (Secretaria-de-Movilidad, 2017).

Como una alternativa para reducir los altos índices de accidentalidad y congestionamiento, en la ciudad de Cali se implementó la primera Motovía del país en el año 2009, una prueba piloto a nivel local y nacional, la cual brinda carriles exclusivos a los motociclistas en un determinado sector de la ciudad.

El objetivo de este estudio es determinar mediante la implementación de un estudio de panel, la efectividad de la Motovía en cuanto a la disminución de muertes en accidentes de tránsito donde se ven involucrados motociclistas.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Un accidente de tránsito es aquel que ocurre sobre la vía y se presenta de manera súbita e inesperadamente, determinado por condiciones o actos potencialmente previsibles, atribuidos a factores humanos, vehículos preponderadamente automotores, condiciones climatológicas, señalización e infraestructura, los cuales ocasionan pérdidas prematuras de vidas humanas y/o lesiones, así como secuelas físicas o psicológicas, perjuicios materiales y daños a terceros (CGP, 2016).

De acuerdo a la organización mundial de la salud OMS cada año se pierden 1,25 millones de vidas en accidentes de tránsito, donde la mitad de las personas que mueren por esta causa en todo el mundo son "usuarios vulnerables de la vía pública", es decir, peatones, ciclistas y motociclistas, considerando la accidentalidad vial como uno de los principales problemas de salud pública y de desarrollo en el mundo, pues las lesiones causadas por accidentes de tránsito causan pérdidas económicas considerables, tanto a las víctimas como a sus familias y los países en general, exigiendo medidas de prevención y control precisos, sostenibles y eficaces, considerado dentro de

estas medidas, el diseño de infraestructura más segura para este tipo de usuarios, como lo es el diseño de carriles exclusivos, líneas de avance e intersecciones.

En marzo de 2010, la resolución 64/255 de la Asamblea General de las Naciones Unidas proclamó el periodo 2011/2020 "Decenio de Acción para la seguridad Vial" con el objetivo de estabilizar y, posteriormente reducir las cifras de víctimas mortales en accidentes de tránsito en todo el mundo antes de 2020, aumentando las actividades en los planos mundial, nacional y regional ("Plan Mundial para el Decenio de Acción para la Seguridad Vial 2011-2020,")

Estadísticas publicadas por la Secretaria de Movilidad de Cali, reportan que para el año 2017 se presentaron 14402 accidentes de tránsito, donde 7108 siniestros correspondieron a solo daños, 8215 a lesionados y 307 a muertes en accidentes de tránsito, donde los motociclistas y parrilleros aportaron el 46.2% de los casos (Secretaria-de-Movilidad, 2017).

Actualmente la ciudad de Cali cuenta con una sección transversal en las comunas 8 y 12 con carriles exclusivos para los motociclistas (Motovía), medida implementada en Mayo del año 2012 por el gobierno municipal como respuesta al decreto 411.0.20.0848 de diciembre 31 de 2009, el cual estipula que se debe implementar una Motovía en la ciudad, destinando una parte de las vías señaladas en dicho decreto para el "uso exclusivo y obligatorio de motocicletas, bicicletas, triciclos y otros (vehículos) de tracción humana", esto con el fin de disminuir los altos índices de morbilidad y mortalidad por eventos de tránsito en la ciudad donde se ven involucrados dichos usuarios (Gutiérrez-Martínez et al., 2014).

Teniendo en cuenta que la implementación de carriles exclusivos en la infraestructura hacen parte de las soluciones planteadas para reducir los altos índices de morbilidad y mortalidad por accidentes de tránsito donde se ven involucrados motociclistas, y considerando la prueba piloto

implementada en la ciudad de Cali, ¿cómo determinar si la infraestructura construida para los motociclistas ha generado cambios en la accidentalidad?

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

- Analizar espacialmente la actuación de la construcción de la Motovía y los cambios que se han generado en la accidentalidad donde se ven involucrados Motociclistas

3.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterización descriptiva de los accidentes de tránsito donde se ven involucrados motociclistas.
- Caracterización espacial de los accidentes de tránsito donde se ven involucrados motociclistas.
- Análisis de los accidentes de tránsito de motociclistas mediante un estudio de datos de panel.

4. JUSTIFICACIÓN

Los índices de morbilidad y mortalidad en accidentes de tránsito donde se ven involucrados motociclistas han aumentado de manera descontrolada en los últimos años, convirtiéndose en un problema de salud pública para la ciudad de Cali. Según datos del Observatorio de Movilidad Sostenible y Seguridad Vial, en el año 2016 se presentaron 15043 accidentes de tránsito en la ciudad con un promedio de eventos de tránsito por mes de 1254, donde los motociclistas fueron los de mayor proporción con un 47% de las víctimas, seguido de los peatones con un 37% (MOVIS, 2016).

Las medidas que se implementen para reducir los altos índices de muertes por estos eventos deben ser efectivas, por lo cual contar con información que permita determinar la eficacia de la Motovía implementada como solución a los problemas de morbilidad y mortalidad por accidentes de tránsito en la ciudad de Cali, permite a las entidades encargadas como el Asociación Nacional para la Seguridad Vial y la Secretaria de Movilidad, tomar decisiones hacia la planificación de estas intervenciones en diferentes ciudades del país donde se presentan los mayores índices de accidentalidad en los usuarios vulnerables de la vía pública, teniendo en cuenta que el parque automotor continúa aumentando año tras año, y así ayudar a reducir pérdidas económicas y de vidas prematuras por estos eventos.

Este estudio beneficiará a toda la población en general, el entorno académico y encargados de tomar decisiones en materia de mejora de la seguridad para los usuarios de la motocicleta, considerando que permitirá localizar focos puntuales donde se presentan este tipo de eventos y así determinar puntos críticos, al igual que se podrá determinar si se han presentado cambios en la accidentalidad antes y después de la intervención de la Motovía.

5. MARCO TEÓRICO

“Un accidente de tránsito es todo acontecimiento eventual no voluntario en el que intervienen al menos un vehículo en movimiento, y como resultado del mismo se producen daños materiales, lesiones o muertes” (Ortega, 2016) convirtiéndose esto en un problema de salud pública a nivel mundial, ya que 1.25 millones de personas fallecen por esta causa y alrededor de 50 millones quedan lesionados (OMS, 2015a) donde los usuarios más afectados por estos eventos son usuarios vulnerables de la vía pública, entre ellos los motociclistas.

En Colombia, la motocicleta juega un papel importante en el desarrollo de la sociedad y la economía, cada vez son más personas las que usan este tipo de vehículo como modo de transporte por ser más versátiles, económicamente son más asequibles y ayudan a reducir el tiempo de viaje, además de ser usado en poblaciones menos favorecidas como una herramienta de trabajo (ANDI, 2017), trayendo consigo altas tasas de morbilidad y mortalidad (Cortés, 2012), especialmente en la población más joven, causando pérdida de vidas potencialmente activas y productivas, si se tiene en cuenta que los jóvenes son más propensos a conducir a altas velocidades, a conducir bajo efecto del alcohol, a infringir las normas de tránsito y a no usar los elementos de protección como casco y cinturón de seguridad (Meneses Falcón, Gil García, & Romo Avilés, 2010).

Es importante destacar que cada año el número de vehículos aumenta desmesuradamente y si no se cuentan con medidas que reviertan los altos índices de accidentes de tránsito, estos pueden llegar a ser la tercer causa de muerte y discapacidad hacia el año 2020 (Planzer, 2005), por lo tanto es necesario considerar que “las intervenciones más efectivas son aquellas que eliminan o reducen el riesgo y que no dependen del cambio de comportamiento de los usuarios ni de sus conocimientos sobre seguridad vial” (Novoa, Pérez, & Borrell, 2009).

Algunos países que tienen tasas de motorización altas han logrado reducir los altos índices de accidentalidad, mientras que en Colombia a pesar de las medidas que se implementan no han sido suficientes para lograr una mejoría en la reducción de las altas cifras de muertes por eventos de tránsito (Ferrer, Smith, Espinosa, Cuellar, & Raffo, 2013), debido a que en nuestro país constituyen la segunda causa de muerte seguido de los homicidios, por tanto examinar los factores asociados a la muerte de motociclistas permite fortalecer la gestión del tráfico, ayudando a controlar y reducir los accidentes de tránsito (Li et al., 2008).

El problema de los altos índices de morbilidad y mortalidad por accidentes de tránsito ha sido abordado de diferentes maneras a nivel mundial mediante la formulación en términos de frecuencia de los accidentes y la probabilidad de que ocurran en algún espacio geográfico sobre un cierto periodo de tiempo, a partir de lo cual se han realizado estudios utilizando un enfoque generalizado a través del desarrollo de modelos predictivos de accidentes mortales en motocicletas ocurridos en carreteras, empleando la integración de geometría y registros de accidentes mortales permitiendo predecir las muertes en carreteras primarias de Malasia (Abdul Manan, Jonsson, & Várhelyi, 2013). De acuerdo a (Haque, Chin, & Huang, 2010) la aplicación de modelos jerárquicos bayesianos que emplean modelos de Poisson gamma, normal y auto regresivo, permiten modelar las frecuencias de accidentes de motociclistas en las intersecciones con semáforos, mientras que para (Aguero-Valverde, 2013) modelar el área de frecuencia de los accidentes, puede ser útil en el análisis de diversos factores geográficos donde se presentan los accidentes de tránsito, así como explorar la detección de áreas en las carreteras donde se presenta mayor índice de accidentalidad por kilómetro cuadrado, permite determinar la propagación de riesgos, que puede definirse como área alrededor de un clúster, la cual se define a partir de la estimación de densidad por método de Kernel (Barroso, Cuadrado, Llácer, Suárez, & Cuenca, 2015), que, a parte de los histogramas, es

probablemente el estimador más utilizado, ya que los análisis espaciales de los accidentes pueden ser una ventaja a la hora de tomar decisiones por parte de las autoridades competentes (Barroso et al., 2015)

Según (fuentes, 2015) el uso de técnicas de estadística descriptiva en estudios de investigación sobre accidentalidad donde se ven involucrados motociclistas aporta información muy útil para la toma de decisiones enfocadas a la planificación de estrategias que permitan tomar medidas en pro de reducir los altos índices de morbilidad por accidentes de tránsito, ya que las técnicas de estadística permiten analizar las variables cualitativas y cuantitativas teniendo de esta manera información relevante de los involucrados en los eventos de tránsito. Los modelos que combinan datos de series de tiempo con datos de corte longitudinal son frecuentes en diversos estudios para ver si existen heterogeneidades a través del tiempo, pues esta clase de estudios requiere medidas repetidas de las mismas unidades de observación, lo que ha generado desde un enfoque estadístico la atención de investigadores (Arnau & Bono, 2008), (Mohammadi, 2014).

6. MARCO REFERENCIAL

Los primeros carriles exclusivos para motocicletas fueron construidos en Malasia a principios de los años setenta, ya que en la mayoría de los países asiáticos como Indonesia, Malasia, Taiwán y Vietnam, el número de motocicletas registradas es considerablemente alto debido a que este es uno de los principales vehículos en estos países y predomina en todas las carreteras, así como también se incrementa el número de accidentes de tránsito fatales es estos usuarios (Ibitoye, Radin, & Hamouda, 2007). Un estudio realizado por (Umar, Mackay, & Hills, 1995) donde consideran el tipo de colisión, croquis y reportes policiales de los accidentes de tránsito, sugiere que segregar el tráfico con carriles exclusivos puede ser una de las mejores maneras para lograr reducir las altas

cifras de accidentes de tránsito, así como tener en cuenta que el carril debe considerar condiciones de diseño específicas para que se reduzca el riesgo de vulnerabilidad y se mejore la seguridad vial (Le & Nurhidayati, 2016).

En la ciudad de Cali se realizó un análisis y selección de corredores para una “Motovía”, la cual permitiera conectar de manera directa el sector oriental de la ciudad con el centro, esto con el fin de mitigar la accidentalidad que por causa de la interacción con el tránsito mixto se venía incrementando en la ciudad, donde los motociclista reportaban la mayor cantidad de heridos y muertos (Gómez & Medina, 2014), por lo tanto, contar con información sobre la situación actual de los accidentes de tránsito donde se ven involucrados motociclistas y los índices de mortalidad generada por estos, contribuirá de forma relevante para crear medidas y programas de prevención de daños y muertes (Oviedo, Aguirre, Cuellar, & Perez, 2014). Estudios de percepción de los usuarios respecto a las intervenciones como carriles exclusivos para motociclistas en Cali, demuestran que los motociclistas y ciclistas consideran que se presenta reducción en los tiempos de viaje, también se encontró que los motociclistas sienten que los carriles exclusivos les brindan seguridad, además de considerarlos efectivos en los recorridos (Osorio Cuellar et al., 2015).

Un estudio realizado en Bogotá Colombia, considera que los volúmenes de tránsito, la geometría de las vías y el sentido de las mismas son factores importantes para la generación de carriles exclusivos como medidas que permitan prevenir y disminuir los índices de accidentalidad, así como mejorar la movilidad de la ciudad (Vargas, Ospina, & Cristancho, 2015). En la ciudad de Medellín, Colombia, en el año 2008 el Consejo de esta ciudad acuerda crear “carriles especiales para el uso exclusivo de las motos” en las principales vías de Medellín definidas por la secretaria de Transporte y Tránsito, debido al aumento de motocicletas en la ciudad atribuido a factores sociales, económicos, culturales y laborales, pues este tipo de vehículo reduce tiempo de viaje

siendo un medio de transporte eficiente y económicamente asequible para la población menos favorecida (Medellín, 2008).

7. MARCO CONCEPTUAL

Accidente: Evento en el que se presentan lesiones, daños materiales, muerte o mezcla de hechos.

Accidente de tránsito: Evento generalmente involuntario, generado al menos por un vehículo en movimiento, que causa daños a personas y bienes involucrados en él e igualmente afecta la normal circulación de los vehículos que se movilizan por la vía o vías comprendidas en el lugar o dentro de la zona de influencia del hecho.

Carretera: Vía cuya finalidad es permitir la circulación de vehículos, con niveles adecuados de seguridad y comodidad.

Carril: cada una de las divisiones de una vía o carretera, por las que circulan vehículos.

Carril exclusivo: división de una vía o carretera destinada al uso específico de un tipo de vehículo motorizado o no, o al uso peatonal.

Motocicleta: vehículo de dos ruedas en línea, impulsado por un motor, cuya finalidad es el transporte de personas.

Motociclista: persona que conduce una motocicleta.

Motovía: corredores exclusivos para motociclistas, los cuales buscan mejorar la seguridad de los mismos.

Parrillero: persona que viaja con el conductor de la motocicleta.

Semáforo: dispositivo luminoso de señalización que permite regular el tránsito en las vías públicas.

Señal de tránsito: señales horizontales o verticales que se encuentran en vías públicas o carreteras para informar a vehículos, peatones y ciclistas.

Separador: independiza las calzadas de una vía.

Tráfico: volumen de vehículos, peatones, que pasan por un lugar específico durante un periodo de tiempo.

Tránsito: acto de transitar, desplazarse de un lugar a otro.

Transporte: traslado de personas, animales o cosas de un punto a otro en vehículos de transporte motorizado y no motorizado.

Vía: Es toda calle, avenida, camino o carretera (inclusive los hombros o aceras) destinadas para el tránsito de vehículos. Incluye además, sitios para el estacionamiento de vehículos.

Las definiciones y conceptos relacionadas anteriormente son algunas de las más usadas en este tipo de estudios que involucran accidentes tránsito ("Conceptos y definiciones," 2017).

8. METODOLOGÍA

La fase metodológica para llevar a cabo el cumplimiento de los objetivos consiste en dos etapas, las cuales se encuentran relacionadas en la figura 1.

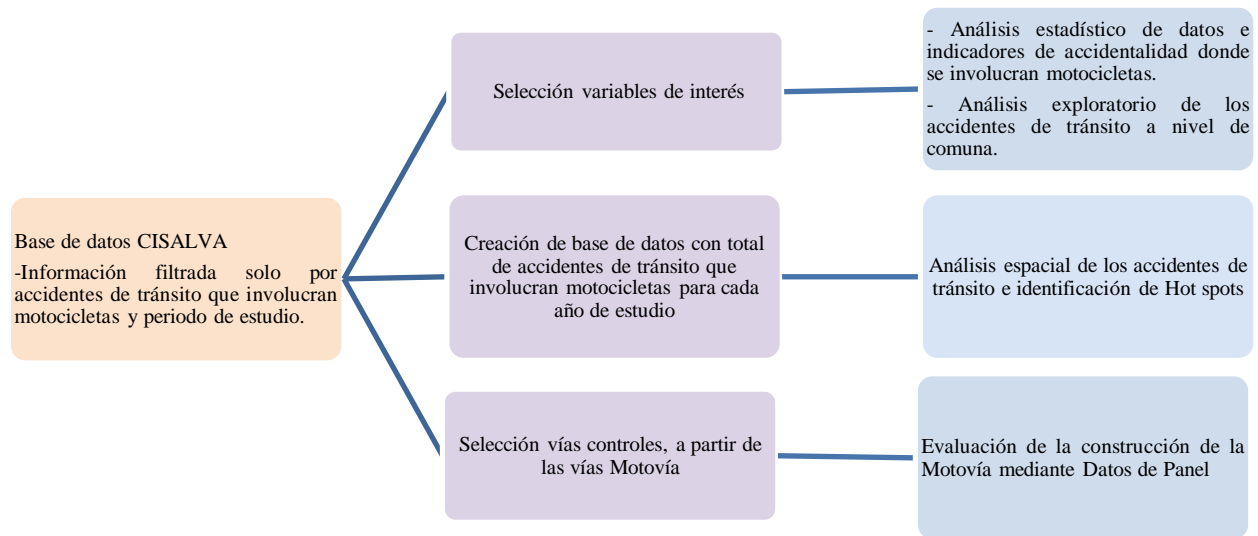


Fig. 1 Fase Metodológica

8.1. ZONA DE ESTUDIO

Para el estudio descriptivo de los eventos de tránsito y la identificación de hotspot se define como zona de estudio las 22 comunas que forman parte del área metropolitana de la ciudad de Santiago de Cali (figura 2). Mientras que para el estudio de la evaluación de la intervención de la Motovía se considera como zona de estudio las vías que componen el trazado de la misma, la cual se encuentra ubicada en las comunas 8, 11 y 12 de la ciudad y cuyo recorrido viene dado en sentido oriente-occidente y occidente-oriente (figura 2), así como también vías controles que fueron seleccionadas considerando parámetros de diseño similares a la intervención.

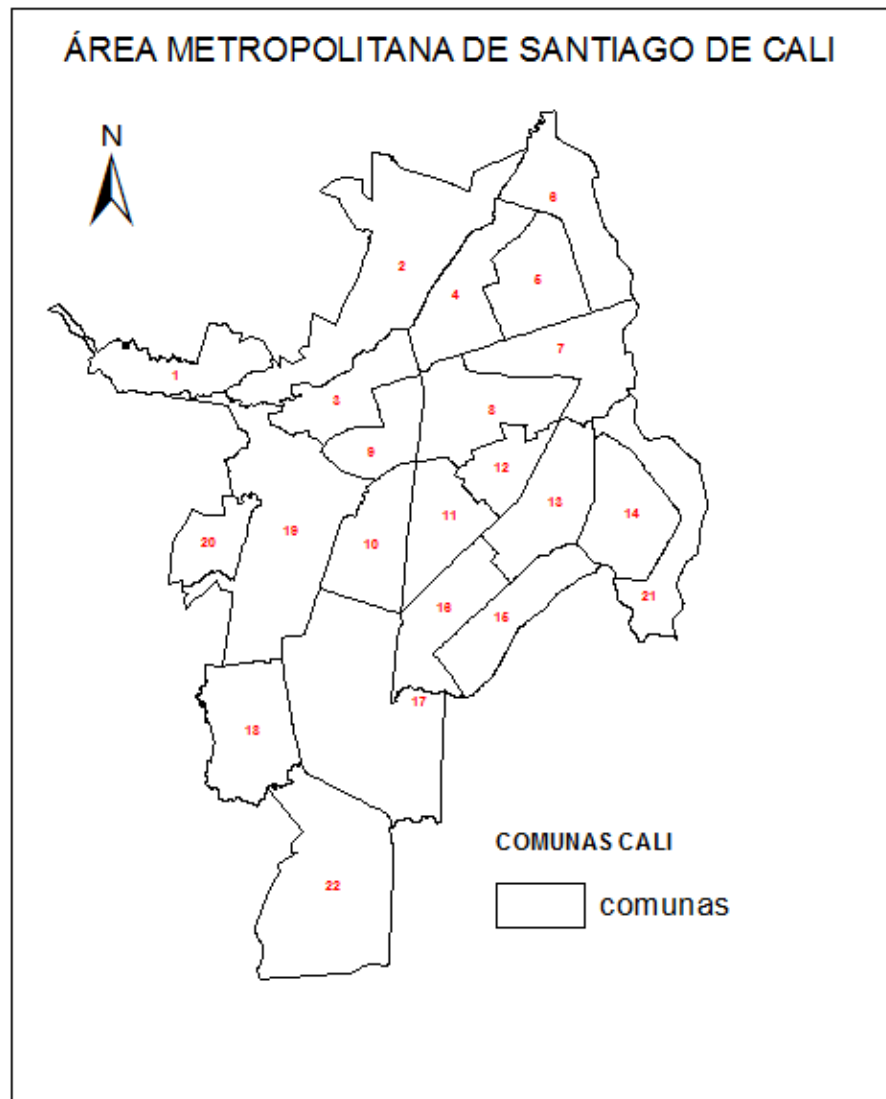


Fig. 2 Área metropolitana de Cali por Comunas

Fuente: Elaboración Propia

SENTIDO ORIENTE-OCIDENTE MOTOVÍA

El trayecto de la Motovía en el sentido oriente-occidente inicia en la carrera 27 con calle 70 (Autopista Simón Bolívar) hasta la carrera 27 con calle 39, intersección con giro a la izquierda. La Motovía recorre la carrera 27 hasta la transversal 29 con cruce a la derecha. El recorrido continúa por la transversal 29 hasta la carrera 23 (autopista Sur-oriental) y finaliza en la calle 25.

SENTIDO OCCIDENTE-ORIENTE MOTOVÍA

El trayecto de la Motovía en el sentido occidente a oriente inicia en la transversal 30 con calle 27, atravesando la carrera 18 y carrera 17C hasta llegar a un giro hacia la izquierda ubicado en la diagonal 17B. El recorrido continúa por la transversal 30 hasta la diagonal 23, donde se presenta un giro hacia la izquierda siguiendo el recorrido por la carrera 22 hasta la intersección de la calle 33C con carrera 22, tomando un giro hacia la derecha para continuar el recorrido por la calle 33C hasta la carrera 23, dando paso a la Autopista Suroriental. Al atravesar la carrera 23 se continúa por la calle 33C desde la carrera 24A hasta la carrera 27, en donde se presenta un giro hacia la izquierda para tomar la carrera 27 hasta la calle 70 (Autopista Simón Bolívar), (figura 3).

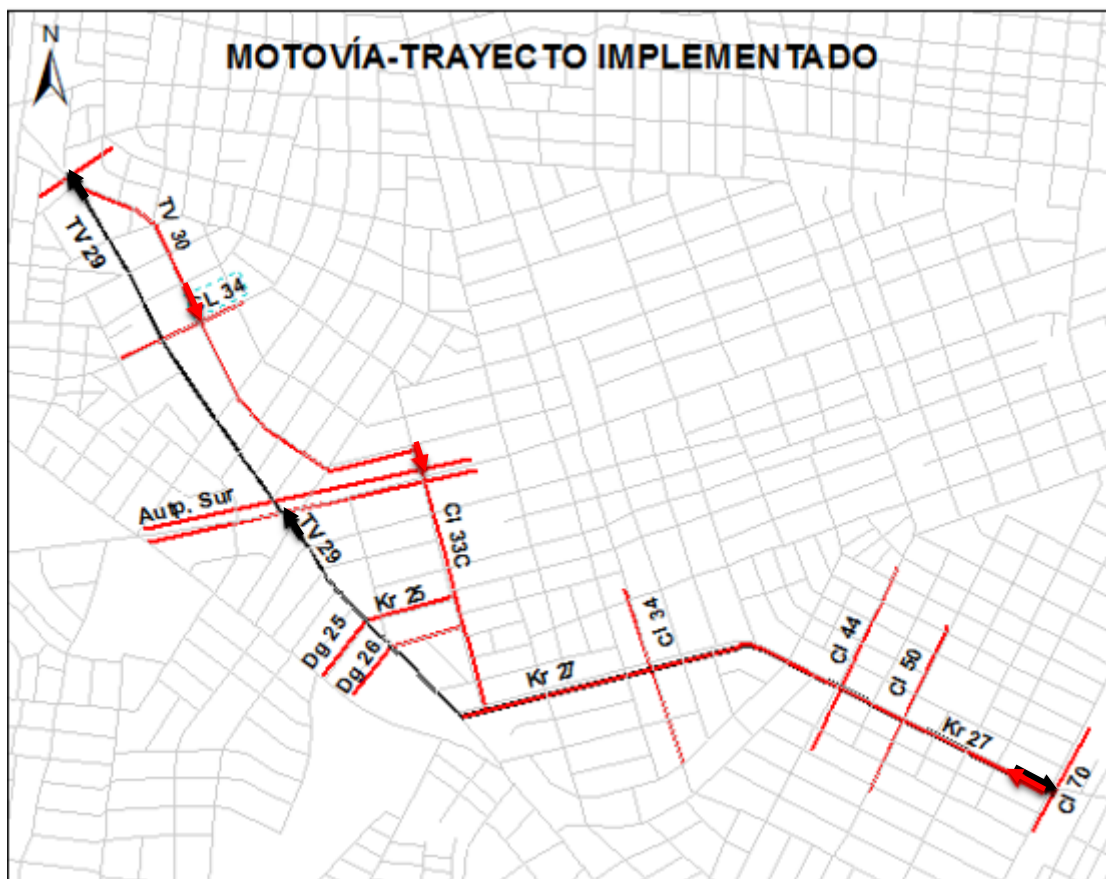


Fig. 3 Trayecto Motovía

Fuente: Elaboración propia

8.2. RECOPIACIÓN Y DEPURACIÓN DE LA INFORMACIÓN

Los datos para llevar a cabo el estudio provienen de fuentes de información secundaria, como los son el Instituto de Investigación y Desarrollo en Prevención de la Violencia y Promoción de la Convivencia Social (CISALVA) de la Universidad del Valle, quien proporcionó la base de datos de accidentes de tránsito ocurridos en la ciudad de Cali entre enero de 2007 y diciembre de 2014, la cual cuenta con un total de 283.162 registros, base de datos que fue suministrada por el Centro de Diagnóstico Automotor del Valle (CDAV) y el Programa de Servicios de Tránsito (PST) con el permiso de la Secretaria de Movilidad de Cali, al Instituto para el desarrollo del proyecto "Evaluación de la implementación de las cámaras de foto-multa y su impacto en la seguridad y los comportamientos viales en la ciudad de Cali, Colombia (2015)". Esta información fue depurada de acuerdo a los objetivos del estudio, por lo cual se trabaja con datos desde septiembre 2009 a diciembre 2014, ya que comprende el periodo pre-intervención (2009*-2013) y post-intervención (2014) de la Motovía, teniendo para este periodo un total de 51 666 registros de accidentes de tránsito que sólo incluyen motocicleta.

8.3. SELECCIÓN DE VARIABLES DEL ANÁLISIS DESCRIPTIVO A NIVEL DE COMUNA

Para el análisis descriptivo a nivel de comuna de los eventos de tránsito donde se ven involucrados motociclistas, en el periodo comprendido entre septiembre 2009 y diciembre 2014, se analizan tres de variables de interés como los son daños, heridos y muertos (D-H-M) relacionadas en la tabla 1.

Tabla 1 Variables de estudio a nivel de comuna

Variable	Nº Registros	Características
Daños	5122	Contiene información por cantidad de daños a vehículos ocasionados durante el evento de tránsito.
Heridos	43 411	Contiene información de cantidad de heridos en el evento de tránsito.
Muertos	118	Contiene información de cantidad de muertos en el evento de tránsito.

Fuente: Elaboración Propia

8.4. SELECCIÓN DE VIAS CONTROLES PARA ANÁLISIS INTERVENCIÓN MOTOVÍA

La selección de las vías controles se llevó a cabo mediante la herramienta Google Maps y Street View, considerando parámetros de diseño similares a las vías que hacen parte de la intervención tales como: número de carriles, ancho del carril, longitud, proximidad, etc.

Para la evaluación de la intervención de la Motovía se crea a partir de la información suministrada por el Instituto CISALVA, una base de datos con los accidentes de tránsito que involucran motocicletas ocurridos sobre cada una de las vías, tanto vías intervenidas como vías controles para cada uno de los años de estudio. Los conteos de los accidentes de tránsito que involucran motocicletas en las vías de estudio se llevaron a cabo a partir de áreas de influencia de radio 90 m. Este radio fue seleccionado con el fin de obtener información del comportamiento de las vías contiguas a las vías de estudio debido a que estas generan flujos vehiculares que pueden influir en la accidentalidad sobre las vías que se están estudiando.

Las vías seleccionadas como controles para cada una de las vías intervenidas se relacionan en la tabla 2.

Tabla 2 Selección vías controles

MOTOVIA					VIA CONTROL					
VIA	CARRILES	SENTIDO	LONG.	ANCHO VÍA	VIA	CARRILES	SENTIDO	LONG.	ANCHO VÍA	PROXIMIDAD A LA MOTOVÍA
Kr 27 entre Cl 70 y Cl 32	4	Oriente-Centro Centro-Oriente	1.383 m	15.5 m	Tv 28D entre Cl 70 y Dg 28C alargándose por la Cl 34 hasta Kr 27	4	Centro-Oriente	941 m	14.7 m	358.78 m
Tv 29 entre Cl 32 y Cl 25	4	Centro-Oriente	1.192 m	13.84 m	Cl 25 entre K23 y Cl 15	4	Oriente-Centro	987.62 m	12.55 m	912. 12 m
Tv 30 entre Kr 15 y Dg 15	3	Centro-Oriente	941.6 m	9.6 m	Cl 23 entre Kr 23 y Kr 32	3	Centro-Oriente	1.07 Km	12.55	871.27 m
Kr 22 entre Dg 23 y Cl 33C	2	Centro-Oriente	400 m	7.2 m	Kr 17 entre Cl 19 y Cl 20	2	Centro-Oriente	88.78 m	7.6 m	1.2 Km
Cl 33C entre Kr 22 y Kr 27	2	Centro-Oriente	529.7 m	7.6 m	Cl 36 entre Kr 23 y Kr 27	2	Centro-Oriente	507.27 m	7.6 m	441.69 m

Fuente: Elaboración propia

8.5. ANÁLISIS DE LOS DATOS

Para el análisis de los datos se lleva a cabo un análisis descriptivo mediante el uso del software ArcGis versión 10.2.2 para obtener mapas de distribución de los accidentes de tránsito para cada una de las variables, y el software Excel versión 2013 para generar tablas de estadísticas y figuras.

Los métodos de la Estadística Descriptiva y Análisis Exploratorio de Datos ayudan a presentar los datos de modo tal que sobresalga su estructura. Hay varias formas simples e interesantes de organizar los datos en figuras que permiten detectar tanto las características sobresalientes como las características inesperadas. El otro modo de describir los datos es resumirlos en uno o dos

números que pretenden caracterizar el conjunto con la menor distorsión o pérdida de información posible. La estadística descriptiva ofrece modos de presentar y evaluar características principales de los datos a través de tablas, figuras y medidas resúmenes. El objetivo de construir figuras es poder ver los datos como un todo e identificar sus características sobresalientes (Orellana, 2001).

Variables discretas

Solo puede tomar un cierto conjunto de variables posibles. En general aparecen por conteo.

8.5.1. MEDIDAS DE TENDENCIA CENTRAL

Las medidas de tendencia central son medidas que pretenden resumir en un solo valor a un conjunto de valores. Las medidas de tendencia central más usadas son la media, la mediana y la moda (Ricardi, 2011).

Media

La media de n valores es igual a la suma de todos ellos dividida entre n . Se denota por \bar{x} . Esto es:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (1)$$

Donde

X_1 = término de conjunto de datos

n = es el tamaño de la muestra

Mediana

La mediana es el punto central de una serie de datos ordenados de forma ascendente o descendente. De acuerdo al número de casos de estudio o datos, la mediana se puede calcular para un número par o un número impar de datos.

- Para un número par de datos, se busca la media aritmética entre los dos valores centrales.
- Para un número impar de datos ordenados de menor a mayor o de mayor a menor, la mediana es el valor que queda justo en el centro.

Moda

La moda de un conjunto de datos numéricos es el valor que más se repite, es decir, el que tiene el mayor número de frecuencias absolutas. La moda puede ser no única e inclusive no existir.

8.5.2. MEDIDAS DE DISPERSIÓN

Las medidas de dispersión miden que tan alejados están un conjunto de datos respecto a su media aritmética. Cuanto menos disperso sea el conjunto de datos, más cerca del valor medio se concentrarán sus valores.

Coefficiente de variación de Pearson

El coeficiente de variación de Pearson indica la relación entre la desviación estándar de una muestra y su media.

$$C.V = \frac{s}{x} \quad (2)$$

Donde

S = desviación estándar

X = media aritmética

Varianza

La varianza mide la mayor o menor dispersión de los valores de la variable respecto a la media aritmética.

$$\sigma^2 = \sum \frac{(x_i - \bar{x})^2}{n-1} \quad (3)$$

Donde

x_i = termino del conjunto de datos

\bar{x} = media de la muestra

n = tamaño de la muestra

Desviación estándar

La desviación estándar o desviación típica es una medida estadística de la dispersión de un grupo o población.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}} \quad (4)$$

Donde

n = es el tamaño de la muestra

\bar{x} = es la media aritmética de la muestra

8.5.3. MEDIDAS DE FORMA

Análisis de la "forma" de la distribución, donde se analiza la simetría y la Curtosis.

Simetría

Los coeficientes de simetría indicarán si la función es simétrica y, en caso de no serlo, el tamaño y la tendencia de su asimetría. Cuando una función es simétrica, la media, la mediana y la moda son iguales, mientras que cuando es asimétrica la media y la mediana se cargan hacia los valores extremos.

$$\alpha = \frac{\sum f(x_i - \bar{x})^3}{nS^3} \quad (5)$$

Donde

x_i = termino del conjunto de datos

n = es el tamaño de la muestra

\bar{x} = es la media aritmética de la muestra

S = es la desviación estándar

si $\alpha = 0$, La distribución es simétrica, hay el mismo número de elementos a izquierda y derecha de la media.

si $\alpha < 0$, La distribución es asimetría negativa o tendida a la derecha, la cola de la distribución se alarga para valores inferiores a la media.

si $\alpha > 0$, La distribución es asimétrica positiva o tendida a izquierda, la cola de la distribución se alarga para valores superiores a la media.

Curtosis

A partir del coeficiente de Curtosis se puede determinar si una distribución normal es semejante a la curva normal de Gauss, es decir, se examina el grado de apuntamiento la distribución.

$$\beta = \frac{\sum f(x_i - \bar{x})^4}{nS^4} \quad (6)$$

Donde

x_i = termino del conjunto de datos

n = es el tamaño de la muestra

\bar{x} = es la media aritmética de la muestra

S = es la desviación estándar

si $\beta = 3$, La distribución es Mesocúrtica, presenta un grado de concentración medio alrededor de los valores centrales de la variable (el mismo que presenta una distribución normal)

si $\beta < 3$, La distribución es Platicúrtica, presenta un reducido grado de concentración alrededor de los valores centrales de la variable.

si $\beta > 3$, La distribución es Leptocúrtica, presenta un elevado grado de concentración alrededor de los valores centrales de la variable.

8.6. TASA DE ACCIDENTALIDAD E INDICADORES POR POBLACIÓN Y NÚMERO DE MOTOCICLETAS REGISTRADAS

Se llevó a cabo el cálculo de la tasa de accidentalidad donde se involucran motocicletas, considerando la población total y numero de motocicletas registradas en la ciudad para cada uno de los años de estudio (2009*-2014), así como también se calcularon los indicadores de accidentalidad teniendo en cuenta las variables de estudio daños (D), heridos (H) y muertos (M).

Para el cálculo de tasa de accidentalidad (TA) por población y número de motocicletas registradas se consideran las ecuaciones (7) y (8).

$$TA * población = \frac{Ta}{Pt} * K \quad (7)$$

Donde:

Ta = total accidentes

Pt = población total

K= constante de población (100000 hab.)

$$TA * motos registradas = \frac{Ta}{Tmr} * K \quad (8)$$

Donde:

Ta = total accidentes

Tmr = total motocicletas registradas

K= constante de motos (1000 motocicletas)

Para el cálculo de indicadores (I) por población y número de motocicletas registradas teniendo en cuenta las variables de estudio D-H-M, se consideran las ecuaciones (9) y (10).

$$I * población = \frac{TaV}{Pt} * K \quad (9)$$

Donde:

TaV = total accidentes variable de estudio

Pt = población total

K= constante población (100000 hab.)

$$TA * motos registradas = \frac{TaV}{Tmr} * K \quad (10)$$

Donde:

TaV = total accidentes variable de estudio

Tmr = total motocicletas registradas

K= constante de motos (1000 motocicletas)

Fuente ((Encarnación & Pancho, 2015)

8.7. IDENTIFICACIÓN DE HOT SPOTS

Se lleva a cabo la identificación de Hot Spots o puntos críticos haciendo uso del software ArcGis versión 10.2.2 donde se identifica mediante la herramienta Kernel Density, las intersecciones de mayor concentración de accidentes de tránsito en el periodo de estudio.

La herramienta densidad de Kernel calcula la densidad de las entidades de punto alrededor de cada celda ráster de salida. Conceptualmente se ajusta a una superficie curva uniforme sobre cada punto. El valor de la superficie es más alto en la ubicación del punto y disminuye a medida que aumenta la distancia desde el punto y alcanza cero en la distancia radio de búsqueda desde el punto. Sólo es posible una vecindad circular. El volumen bajo la superficie es igual al valor Campo de población para el punto, o 1 si se especifica NONE. Para calcular la densidad de cada celda ráster de salida, se agregan los valores de todas las superficies de Kernel en donde se superponen con el centro de la celda ráster (Esri, 2017).

Para calcular el radio de búsqueda o ancho de banda de densidad de Kernel se tiene en cuenta la ecuación (11).

$$RadioBúsqueda = 0.9 * \min(SD, \sqrt{\frac{1}{\ln(2)}} * D_m) * n^{-0.2} \quad (11)$$

Donde:

SD es la distancia estándar

D_m es la mediana de la distancia

n es el número de puntos cuando no se usa campo de población, o la suma de los valores del campo de población cuando se utiliza.

8.8. EVALUACIÓN MOTOVÍA MEDIANTE DATOS DE PANEL

Para el análisis mediante datos de panel se utilizó el software Stata/SE versión 12.0, a partir del cual se obtienen las estimaciones tanto para la Motovía como para las vías controles.

Un conjunto de datos de panel contiene observaciones de múltiples unidades individuales de un individuo, en el que cada unidad se observa en dos o más momentos del tiempo. El objetivo de los datos de panel es capturar la heterogeneidad no observable entre las variables de estudio así como en el tiempo (Mayorga & Muñoz, 2000). Esta metodología se ha venido aplicando debido al avance en las bases de datos que cada vez recogen más datos de individuos a lo largo del tiempo, pues los datos de panel pueden tratar en forma independiente los datos de un individuo en el tiempo, lo cual se conoce como efectos individuales α_i y estos efectos pueden ser fijos o aleatorios.

8.8.1. EFECTOS ALEATORIOS

El modelo de efectos aleatorios considera que los efectos individuales no son independientes entre sí, sino que están distribuidos aleatoriamente alrededor de un valor dado. El modelo se expresa algebraicamente de la siguiente forma:

$$Y_{it} = (\alpha + \mu_i) + \beta X_{it} + \varepsilon_{it} \quad (12)$$

Donde " μ_i " representa la perturbación aleatoria que permite distinguir el efecto de cada individuo en el panel. Al agrupar los componentes estocásticos se obtiene la siguiente ecuación:

$$Y_{it} = \alpha + \beta X_{it} + U_{it} \quad (13)$$

Donde $U_{it} = \delta_i + \mu_i + \varepsilon_{it}$ se convierte en el nuevo termino de perturbación.

8.8.2. EFECTOS FIJOS

El modelo efectos fijos considera que existe un término constante diferente para cada individuo, y supone que los efectos individuales son independientes entre sí. Con este modelo se considera que las variables explicativas afectan por igual a las unidades de corte transversal y que éstas se diferencian por características propias de cada una de ellas, medidas por medio del intercepto. El estimador de modelo de efectos fijos se relaciona en la ecuación (9).

$$Y_{it} = \alpha_i + \beta x_{it} + \mu_{it} \quad (14)$$

8.8.3. TEST DE HAUSMAN

Este test permite determinar qué modelo es el más adecuado para el panel de datos que se está analizando, si el de efectos fijos o de efectos aleatorios. Utiliza para ello una prueba Chi-cuadrado con la hipótesis nula de que el modelo de efectos aleatorios es el que mejor explica la relación de la variable dependiente con las explicativas, y por tanto se tiene la hipótesis alternativa de que el mejor método que se ajusta es el de efectos fijos.

La hipótesis nula comprueba la existencia de no correlación entre los α_i y las variables explicativas.

$$H_0 : \text{no diferencia sistemática entre los coeficientes}$$

Criterio de rechazo

Si la $prob > chi^2$ es mayor a 0.05 rechazo H_0 , se emplea estimador aleatorio.

Si la $prob < chi^2$ es menor a 0.05 rechazo H_0 , se emplea estimador fijo.

Para analizar las variables β , se considera la ecuación (15) para cuando se tiene uno o más grupos de control y solo hay una intervención (Linden, 2017).

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 T_t + \beta_2 X_t + \beta_3 X_t T_t + \beta_4 Z + \beta_5 Z T_t + \beta_6 Z X_t + \beta_7 Z X_t T_t + \epsilon_t \quad (15)$$

Donde:

Z es una variable ficticia que denota la asignación de cohorte (tratamiento o control)

ZT_t , ZX_t y ZX_tT_t son los términos de interacción entre las variables mencionadas anteriormente.

Los coeficientes de β_0 a β_3 representa el grupo control y los coeficientes β_4 a β_7 representa los valores del grupo de tratamiento.

Tabla 3 Variables y parámetros modelo de panel.

Media de interés	Parámetro del modelo
Tendencia pre-intervención: áreas control	β_1
Tendencia pre-intervención: áreas intervenidas	$\beta_5 + \beta_1$
Diferencia pre-intervención: áreas intervenidas Vs. Áreas control	β_5
Tendencia post-intervención: áreas control	$\beta_1 + \beta_3$
Tendencia post-intervención: áreas intervenidas	$\beta_1 + \beta_3 + \beta_5 + \beta_7$
Diferencia post-intervención: áreas intervenidas Vs. Áreas control	$\beta_5 + \beta_7$
Diferencia pre-intervención Vs. Post-intervención áreas control	β_3
Diferencia adicional pre-intervención Vs. Post-intervención áreas intervenidas	β_7

Fuente: Linden, 2017

9. ANÁLISIS Y RESULTADOS

9.1. Análisis de datos estadísticos de los accidentes de tránsito que involucran motocicletas en la ciudad de Cali

Considerando que los datos fueron tomados desde el mes de septiembre del año 2009 debido a que en este mes se decretó establecer la Motovía como medida de Seguridad Vial, los análisis se hacen comparando los años 2010-2014 por ser periodos completos.

En la tabla 4 se muestra, que para el año 2010 se presentaron en total 9173 accidentes de tránsito que involucraron motocicletas, en general el promedio mensual fue de 764 accidentes de tránsito, una mediana de 757 lo cual indica una asimetría positiva, con un coeficiente de asimetría de 0.33 lo cual indica una distribución sesgada hacia la izquierda con un valor de Curtosis de -0.49 lo que se define como una distribución Platicúrtica indicando una menor concentración de datos en torno a la media. En el año 2011 se presentaron en total 9240 accidentes de tránsito que involucraron motocicletas con un incremento de 0.73% en los accidentes respecto al año 2010, el promedio mensual en el 2011 fue de 770 accidentes de tránsito, con una mediana de 768 indicando una asimetría positiva, con un coeficiente de asimetría de -0.22 lo cual indica una distribución sesgada hacia la derecha y un valor de Curtosis de -0.37 lo que se define como una distribución Platicúrtica indicando una menor concentración de datos en torno a la media. Para el año 2012 se presentaron en total 10506 accidentes de tránsito que involucraron motocicletas con un incremento de 13.7% en los accidentes respecto al año 2011, en general el promedio fue de 876 accidentes de tránsito, con una mediana de 902 indicando una asimetría negativa, con un coeficiente de asimetría de -0.61 lo cual indica una distribución sesgada hacia la derecha y un valor de Curtosis de 1.00 lo que se define como una distribución Leptocúrtica indicando una mayor concentración de datos en torno

a la media. En el año 2013 se reportaron 10891 accidentes de tránsito que involucraron motocicletas con un incremento de 3.66% respecto al año 2012, el promedio mensual de accidentes fue de 908, con una mediana de 922 accidentes de tránsito indicando una asimetría negativa, con coeficiente de asimetría de -0.59 lo cual indica una distribución sesgada hacia la derecha y valor de Curtosis de -0.46 lo cual se define como una distribución Platicúrtica indicando una menor concentración de datos en torno a la media. En el año 2014 el total de accidentes de tránsito que involucraron motocicletas fue de 8455 accidentes con una disminución significativa de 22.37% de los accidentes respecto al año 2013, con un promedio mensual de 705 accidentes y con una mediana 655 accidentes de tránsito indicando una asimetría positiva, con coeficiente de asimetría de 0.68 lo cual indica una distribución sesgada hacia la izquierda y valor de Curtosis de -0.73 lo cual se define como una distribución Platicúrtica indicando una menor concentración de datos en torno a la media.

El total de eventos registrados para el periodo de estudio (2009*-2014) fue de 51666 eventos, donde se pudo estimar que por mes se registraron aproximadamente 807 eventos de tránsito donde se vieron involucrados motociclistas, tenemos una mediana de 806 lo cual nos indica una asimetría positiva, con un coeficiente de asimetría de -0.19 indicando una distribución sesgada hacia la derecha, y con un valor de Curtosis de -0.50 lo que se define como una distribución Platicúrtica indicando una menor concentración de datos en torno a la media.

Tabla 4 Eventos de tránsito años de estudio y periodo 2009-2014*

<i>Estadísticas</i>	<i>2009*</i>	<i>2010</i>	<i>2011</i>	<i>2012</i>	<i>2013</i>	<i>2014</i>	<i>2009* - 2014</i>
Media	850	764	770	876	908	705	807
Error típico	11,43	11,00	23,31	25,64	19,83	31,97	13,29
Mediana	850	757	768	902	922	655	806
Moda	N/A	N/A	N/A	N/A	957,00	634,00	837,00
Desviación estándar	22,87	38,12	80,76	88,83	68,71	110,75	106,32
Varianza de la muestra	522,92	1452,99	6522,91	7890,27	4720,63	12266,08	11304,71
Curtosis	-5,84	-0,49	-0,37	1,00	-0,46	-0,73	-0,50
Coefficiente de asimetría	0,02	0,33	-0,22	-0,61	-0,59	0,68	-0,20
Rango	42,00	126,00	274,00	343,00	228,00	341,00	451,00
Mínimo	830,00	711,00	624,00	687,00	781,00	579,00	579,00
Máximo	872,00	837,00	898,00	1030,00	1009,00	920,00	1030,00
Suma	3401,00	9173,00	9240,00	10506,00	10891,00	8455,00	51666,00
Cuenta	4,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	64,00

Fuente: Elaboración Propia

Se realizó un análisis descriptivo de las variables para cada año de estudio, teniendo como resultados que se registró un total 48 663 implicados entre daños materiales, heridos y muertos, de los cuales el 10.5% corresponde a daños, el 89.2% a heridos y el 0.2% a persona fallecidas como consecuencia del evento de tránsito.

Al analizar los accidentes de tránsito por mes se evidencia que la tendencia de los accidentes tránsito donde se ven involucradas motocicletas, figura 4, se puede observar que para cada uno de los años del 2010 al 2014 se presentan picos en los meses de marzo y mayo. El año 2014 presenta incremento de eventos en marzo, mayo y se reducen de junio a noviembre manteniendo registros

constantes con un leve incremento en el mes de diciembre, este año presenta reducción significativa de eventos de tránsito en la ciudad en comparación con los demás años de estudio.

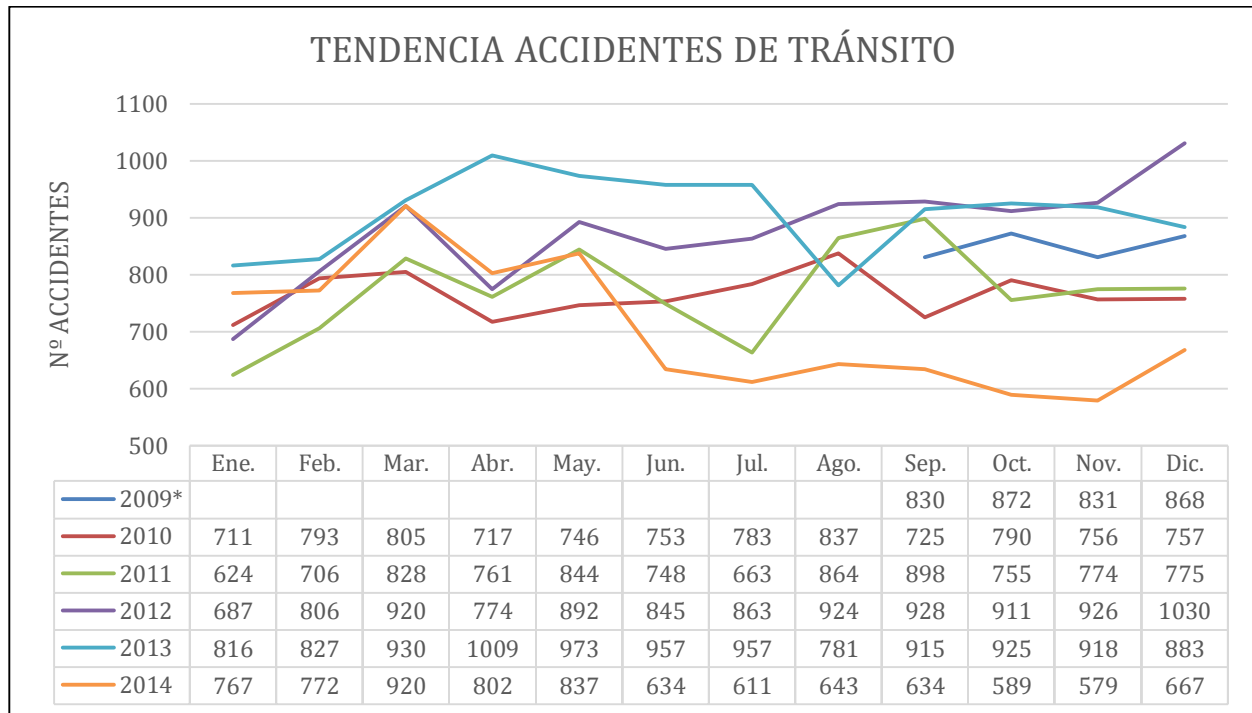


Fig. 4 Tendencia accidentes de tránsito donde se ven involucradas motocicletas según año y mes, periodo de estudio 2009*-2014

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la figura 5, el total de eventos presenta aumento en los años 2010, 2012 y 2013 con una reducción significativa en el año 2014 de 22,35% respecto al año 2013 que fue el año de mayor cantidad de eventos durante el periodo de estudio. Para la variable heridos (H), el promedio de heridos entre 2010 y 2013 fue de 8425 heridos, con una reducción significativa en el año 2014 de 24,85% respecto al año 2013 que fue el año de mayor cantidad de heridos durante el periodo de estudio. La variable daños (D) para el año 2012 presenta un incremento de 6,21% respecto al año 2011 que fue el año que mayor número de daños presentó durante el periodo de estudio. La variable muertos (M) en el año 2009* presenta un número alto de muertos por eventos

de tránsito donde estuvieron involucrados motocicletas, teniendo en cuenta que para este año sólo se consideran 4 meses de estudio. Entre los años 2010 y 2014 el promedio de muertos por eventos fue de 20 muertos por eventos de tránsito donde se ven involucrados motocicletas.

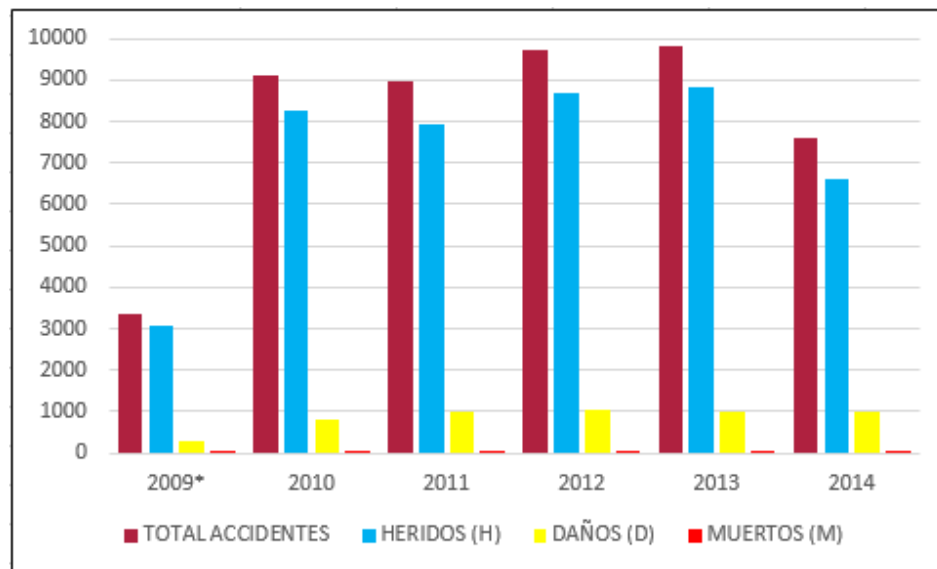


Fig. 5 Análisis de eventos de tránsito por año donde se ven involucrados motocicletas considerando variables de estudio H-D-M.

Fuente: Elaboración Propia

9.1.1. Tasa de accidentalidad e indicadores por población y número de motocicletas registradas

A partir de los datos de población y número de motocicletas registradas para cada uno de los años de estudio en la ciudad, se calculan las tasas de accidentes de tránsito por población y por motocicletas, al igual que se calculan los índices para cada una de las variables de estudio: daños (D), heridos (H) y muertos (M), considerando índices por cada 100000 habitantes y por cada 1000 motocicletas registradas en la ciudad.

Los datos estadísticos de población total y el número total de motocicletas matriculadas en la ciudad de Cali para cada uno de los años de estudio, se encuentran relacionados en Cali en cifras

de la Alcaldía de Santiago de Cali, enlace que permite conocer las estadísticas del municipio, así como algunos indicadores, estos datos se encuentran relacionados en la tabla 5.

Tabla 5 Datos de Población total y motocicletas registradas para el periodo de estudio

Año	2009*	2010	2011	2012	2013	2014
Población Total	2219636	2244536	2269532	2294643	2319655	2344734
Motocicletas Registradas	90175	103899	125492	150978	175621	195013

Fuente: (CALI-EN-CIFRAS, 2014)

En la figura 6 se muestra, que para el año 2010 y 2011 el total de accidentes de tránsito por cada 100000 habitantes se mantuvo constante, con un aumento en el año 2012 de 51 accidentes de tránsito y el año 2013 de 63 accidentes de tránsito por cada 100000 habitantes, mientras que el año 2014 presenta una reducción de 109 accidentes de tránsito por cada 100000 habitantes respecto al año 2013.

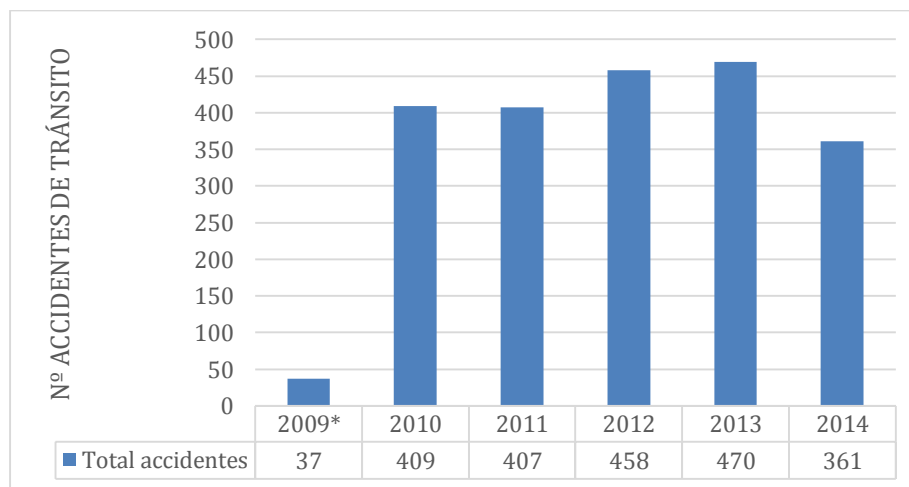


Fig. 6 Tasa accidentes de tránsito donde se ven involucradas motocicletas por población

Fuente: Elaboración Propia

En la figura 7 se tiene, que en el año 2010 se presentaron 368 heridos en accidentes de tránsito por cada 100000 habitantes, con una reducción de 18 heridos en accidentes de tránsito en el año 2011 por cada 100000 habitantes, los años 2012 y 2013 se mantuvieron con 378 y 380 heridos en accidentes de tránsito por cada 100000 habitantes, con una reducción significativa de 102 heridos en accidentes de tránsito por cada 100000 habitantes en el año 2014 respecto al año 2013.

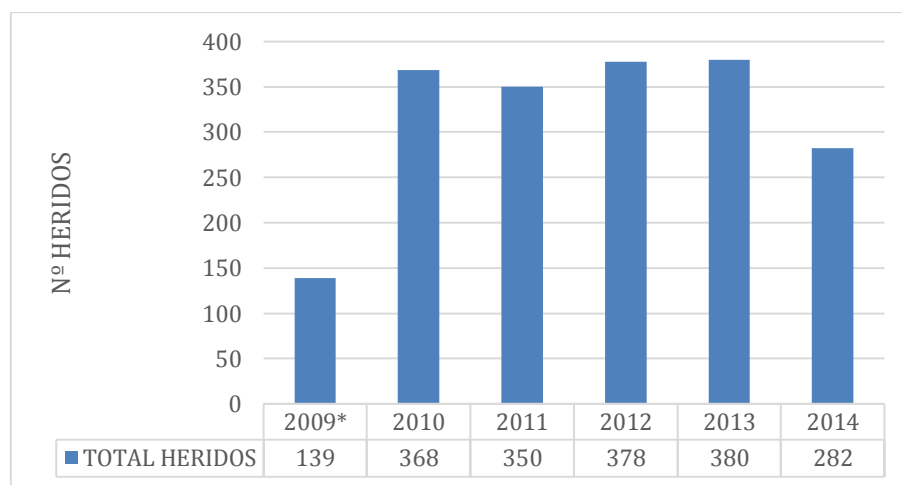


Fig. 7 Índice de heridos en accidentes de tránsito que involucran motos por población

Fuente: Elaboración Propia

En la figura 8 se ilustra, que el año 2010 presentó 37 daños en accidentes de tránsito donde se ven involucradas motocicletas por cada 100000 habitantes, con un incremento en los años 2011 y 2012 de 7 y 9 daños en accidentes de tránsito respectivamente por cada 100000 habitantes comparado con el año 2010. Los años 2013 y 2014 se mantuvieron constantes con una reducción de 3 daños en accidentes de tránsito por cada 100000 habitantes, respecto al año 2012.

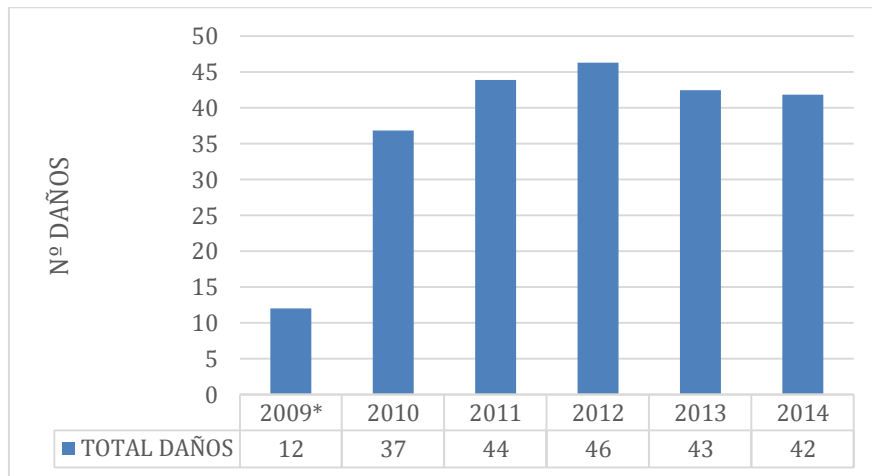


Fig. 8 Índice de daños en accidentes de tránsito que involucran motos por población

Fuente: Elaboración Propia

En la figura 9 se lustra, que en el año 2010 y 2011 el índice de muertes en accidentes de tránsito donde se ven involucradas motocicletas se mantuvo constante con de 1,07 y 1,06 muertes por cada 100000 habitantes, con una reducción de 0,54 muertes en accidentes de tránsito por cada 100000 habitantes en el año 2012 respecto al año 2011. Los años 2013 y 2014 presentaron un índice de 0,86 y 0,85 muertes en accidentes de tránsito por cada 100000 habitantes.

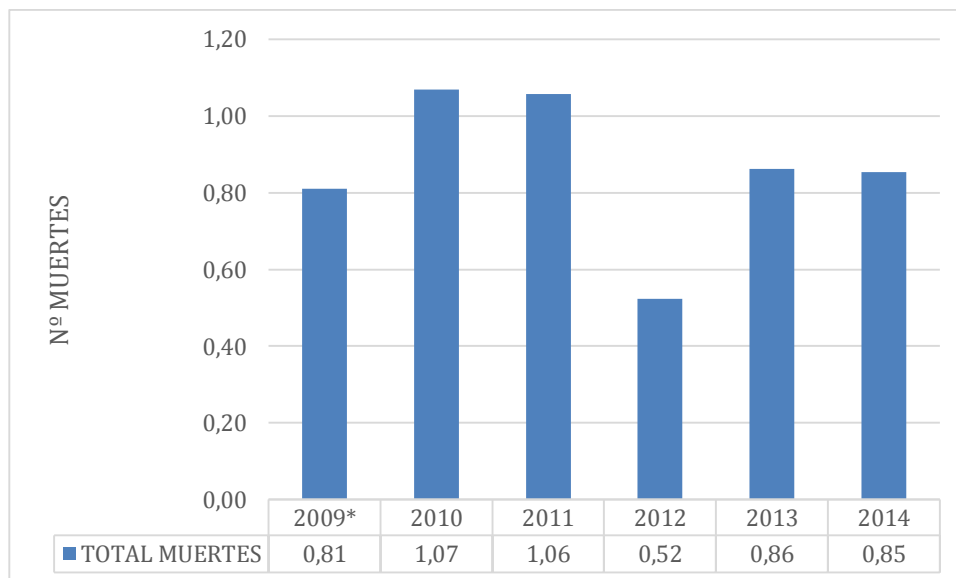


Fig. 9 Índice de muertos en accidentes de tránsito que involucran motos por población

Fuente: Elaboración Propia

En la figura 10 se ilustra, que la tasa de accidentes de tránsito que involucran motocicletas para el año 2010 fue de 88 accidentes por cada 1000 motocicletas registradas, con tendencia decreciente en los siguientes años. Para el año 2011 la tasa fue de 74 accidentes de tránsito por cada 1000 motocicletas registradas, en el año 2012 la tasa fue de 70 accidentes de tránsito por cada 1000 motocicletas registradas, la tasa del año 2013 fue de 62 accidentes y en el año 2014 la tasa fue de 43 accidentes de tránsito por cada 1000 motocicletas registradas.

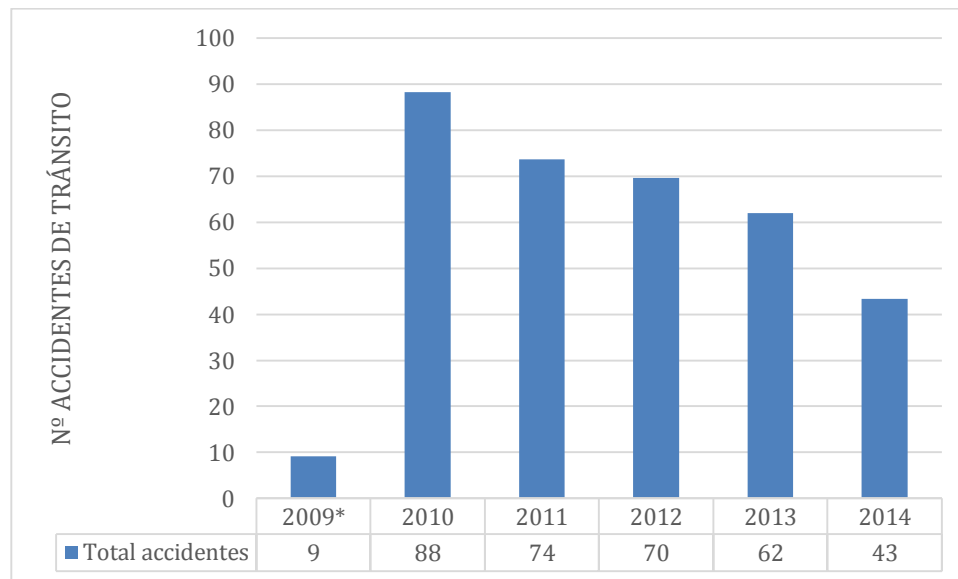


Fig. 10 Tasa de accidentes de tránsito por 1000 motocicletas

Fuente: Elaboración Propia

En la figura 11 se ilustra, que el índice de heridos en accidentes de tránsito donde se ven involucradas motocicletas para el año 2010 por cada 1000 motocicletas registradas fue de 80 heridos con decrecimiento significativo en los siguientes años. En el año 2011 el índice de heridos fue de 63 heridos por cada 1000 motocicletas registradas, y para los años 2012, 2013 y 2014, el índice de heridos en accidentes de tránsito por cada 1000 motocicletas registradas fue de 57, 50 y 34 heridos respectivamente.



Fig. 11 Tasa de accidentes de tránsito por 1000 motocicletas

Fuente: Elaboración Propia

En la figura 12 se ilustra, que el índice de daños en accidentes de tránsito por cada 1000 motocicletas registradas en el año 2010 y 2011 se mantuvo constante con 8 daños, en el año 2012 el índice de daños fue de 7 daños por cada 1000 motocicletas registradas, y en los años 2013 y 2014 el índice de daños fue de 6 y 5 daños en accidentes de tránsito respectivamente por cada 1000 motocicletas registradas.

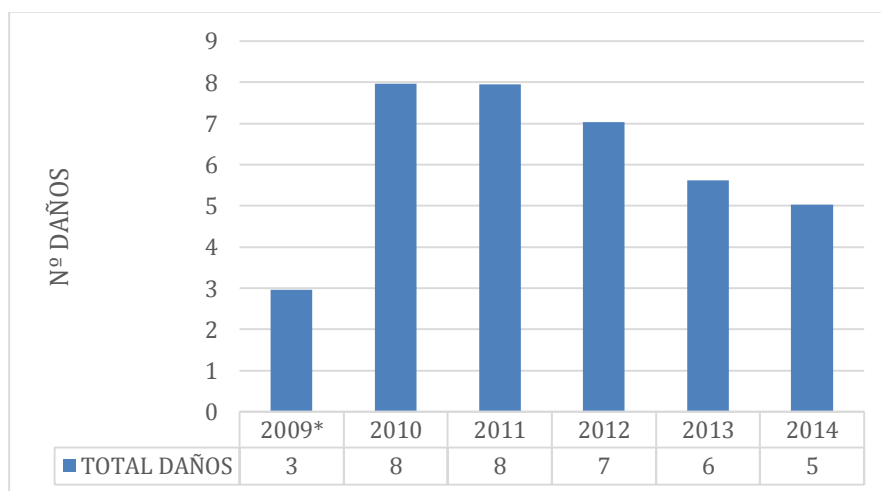


Fig. 12 Índice de daños en accidentes de tránsito por 1000 motocicletas

Fuente: Elaboración Propia

En la figura 13 se ilustra, que el índice de muertos en accidentes de tránsito por cada 1000 motocicletas registradas en el año 2010 fue de 0,23 muertes, en el año 2011 fue de 0,19 muertes, en el año 2012, 2013 y 2014 fue de 0.08, 0.11, y 0.10 muertes en accidentes de tránsito por cada 1000 motocicletas registradas.

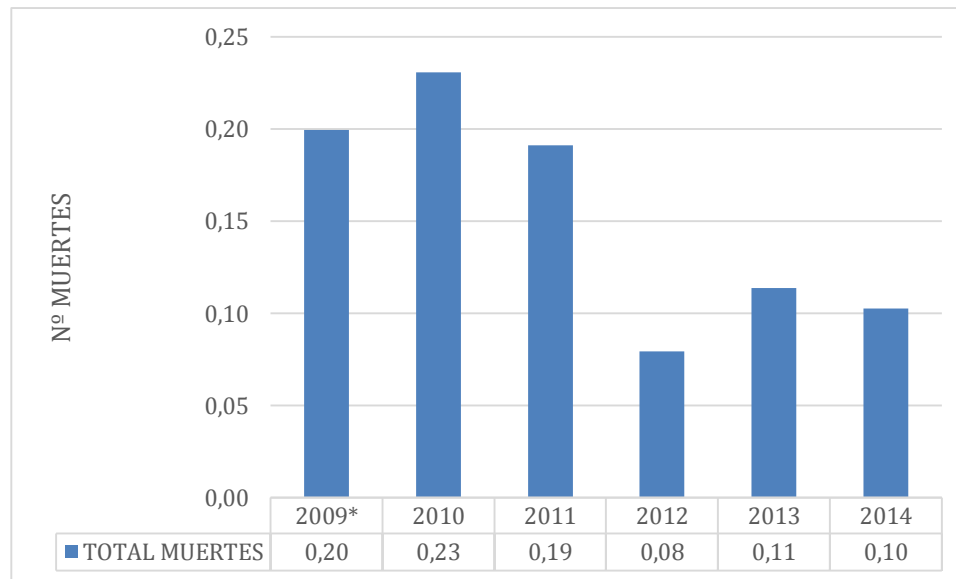


Fig. 13 Índice de muertos en accidentes de tránsito por 1000 motocicletas

Fuente: Elaboración Propia

9.1.2. Análisis exploratorio de datos espaciales de los accidentes de tránsito que involucran motocicletas en la ciudad de Cali a nivel de comuna

Se realizó un análisis exploratorio de datos espaciales considerando las 22 comunas de la ciudad, donde se calculan estadísticas para la distribución de accidentes de tránsito según las variables de estudio. En las figuras 14-17 se consideran mapas de desviación estándar con las estadísticas de los eventos de tránsito para la variable daños (D) durante el periodo de análisis.

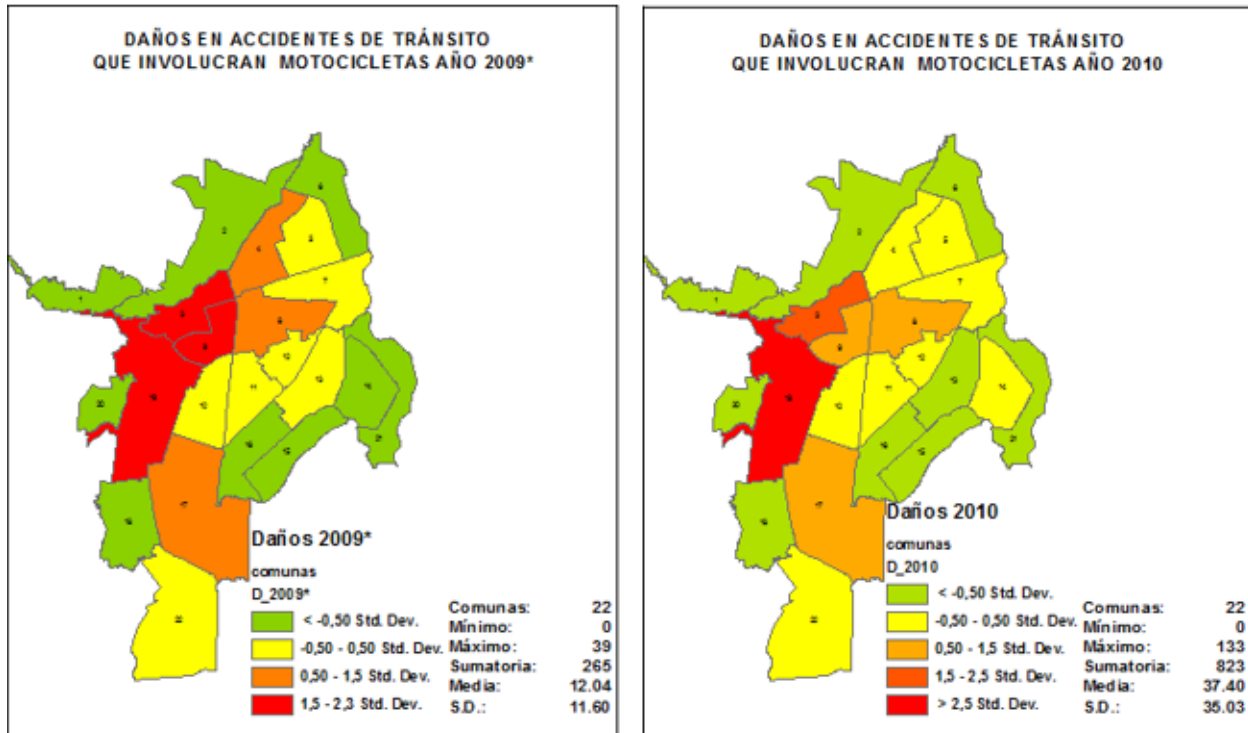


Fig. 14 Estadísticas variable daños (D) años 2009* y 2010

Fuente: Elaboración Propia

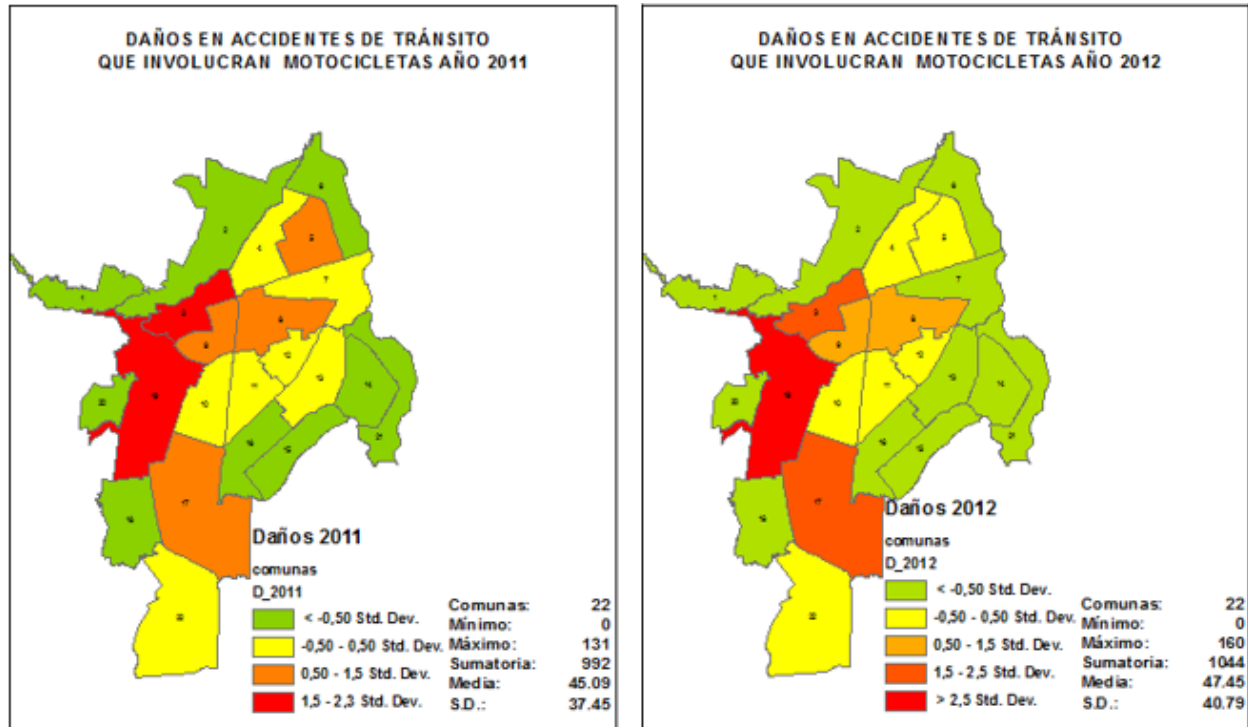


Fig. 15 Estadísticas variable daños (D) años 2011 y 2012

Fuente: Elaboración Propia

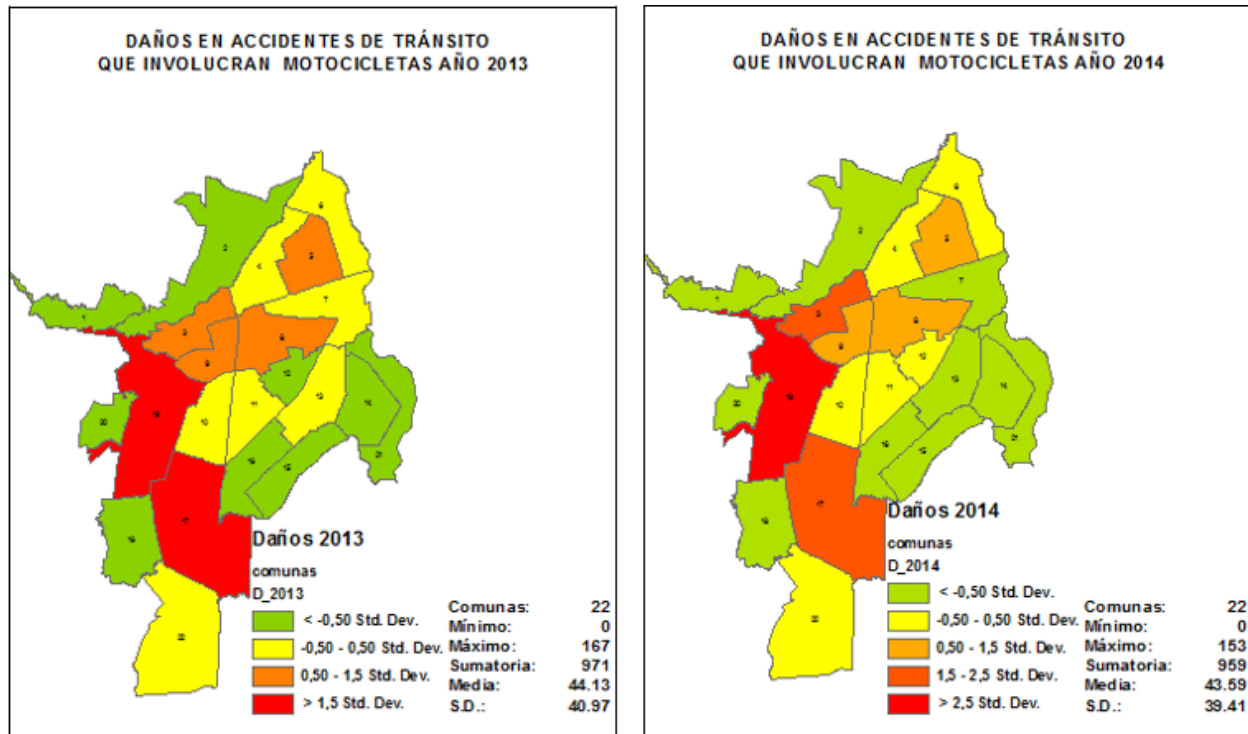


Fig. 16 Estadísticas variable daños (D) años 2013 y 2014

Fuente: Elaboración propia

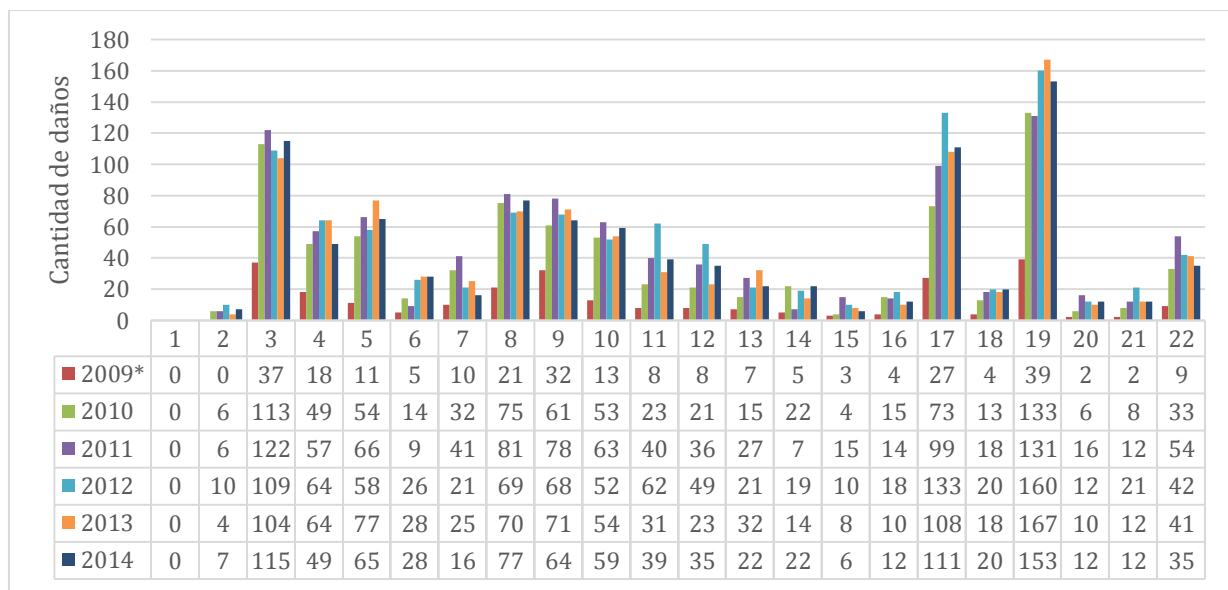


Fig. 17 Daños a nivel de comuna periodo de estudio 2009*-2014

Fuente: Elaboración propia

En el año 2009* se registró un total de 265 daños, donde las comunas 3, 9 y 19 representan un 40,75% del total de los daños. Para el año 2010 y 2011 se registraron 823 y 992 daños, donde las comunas 3 y 19 representan el 29,89% y 11,04% del total de daños respectivamente. En los años 2012, 2013 y 2014 se registraron 1044, 971 y 959 daños, donde las comunas 3, 17 y 19 representan 38,51%, 39,03% y 39,52% respectivamente. Durando el periodo de estudio se tiene que la comuna 19 presenta los más altos índices de daños en accidentes tránsito que involucran motocicletas.

En las figuras 18-21, se presenta mapas de desviación estándar para la variable heridos (H) al igual que las estadísticas para el periodo de estudio.

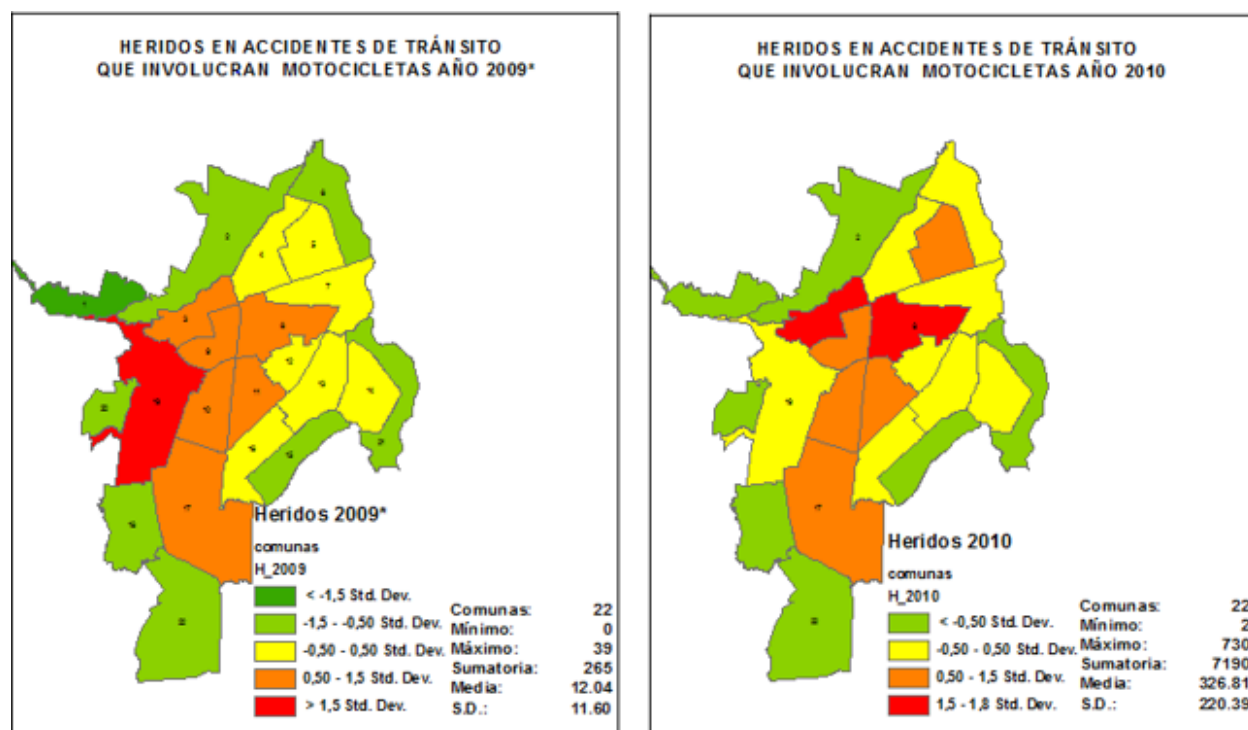


Fig. 18 Estadísticas variable heridos (H) años 2009 y 2010*

Fuente: Elaboración propia

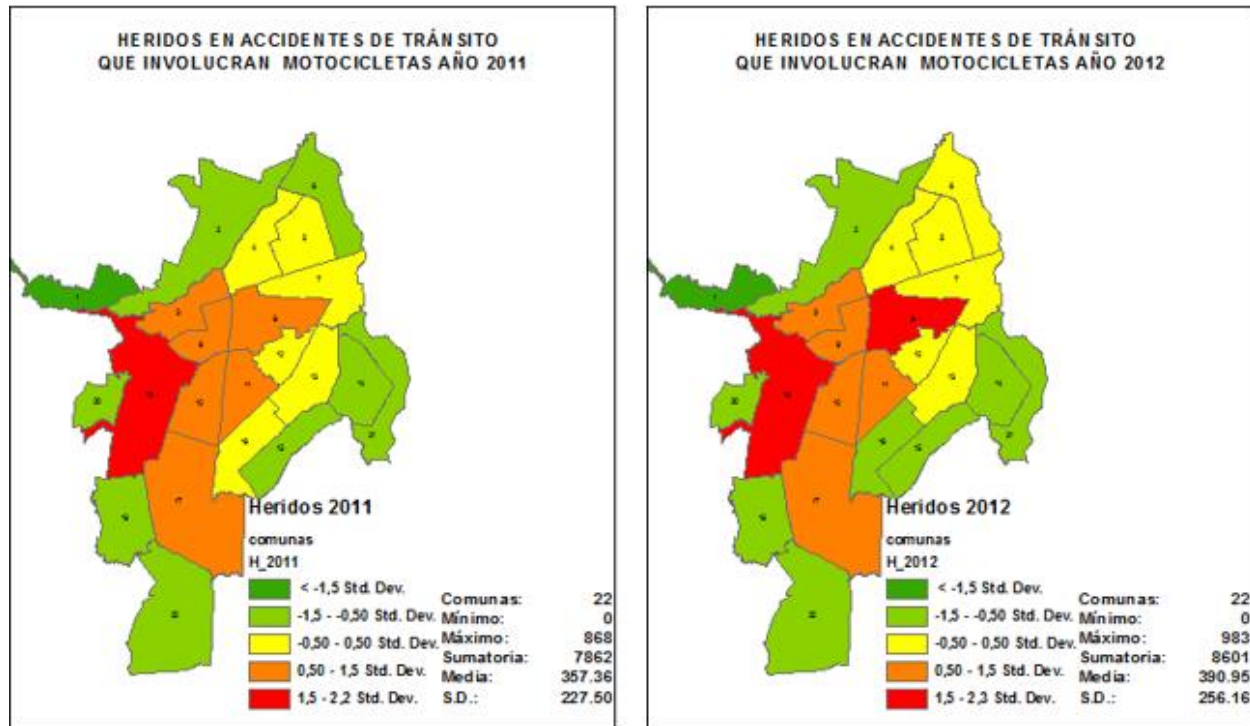


Fig. 19 Estadísticas variable heridos (H) años 2011 y 2012

Fuente: Elaboración propia

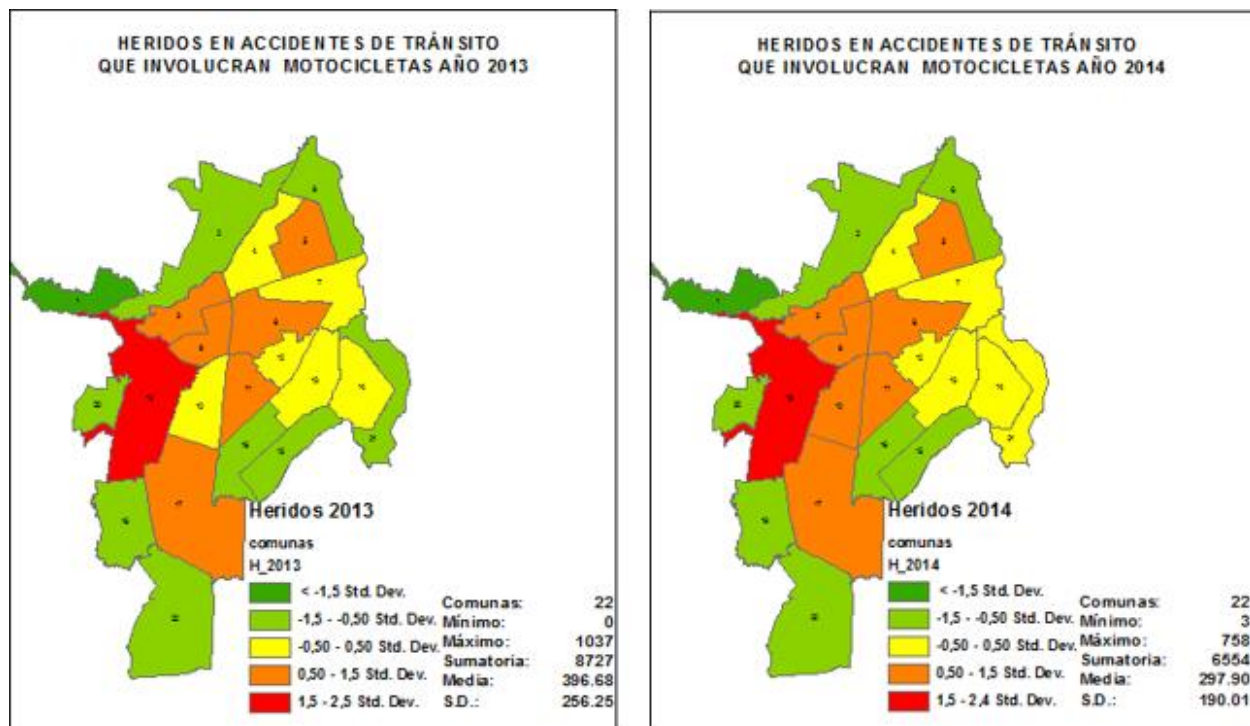


Fig. 20 Estadísticas variable heridos (H) años 2013 y 2014

Fuente: Elaboración Propia

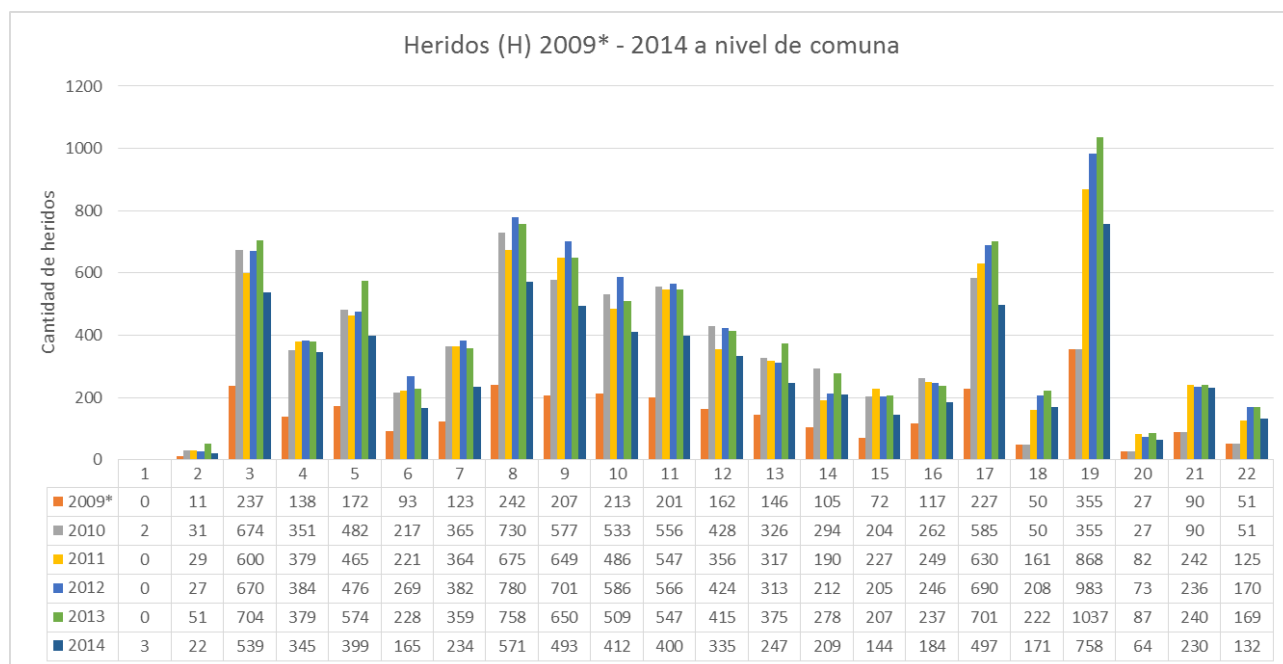


Fig. 21 Heridos a nivel de comuna periodo de estudio 2009*-2014

Fuente: Elaboración Propia

En el año 2009* se registraron un total de 3039 heridos (H), donde la comuna 19 representó el 11,68 del total de los heridos. Para el año 2010 se registraron 7190 heridos, donde las comunas 3 y 8 representaron el 19,53 del total de los heridos para ese año. Para el año 2011 la comuna 19 registró 868 heridos, un 11,04% del total de los heridos registrados para ese año el cual fue de 7862 heridos.

El las figuras 22-25 muestra las estadísticas para la variable muertos (M) en el periodo de estudio en las comunas de la ciudad de Cali.

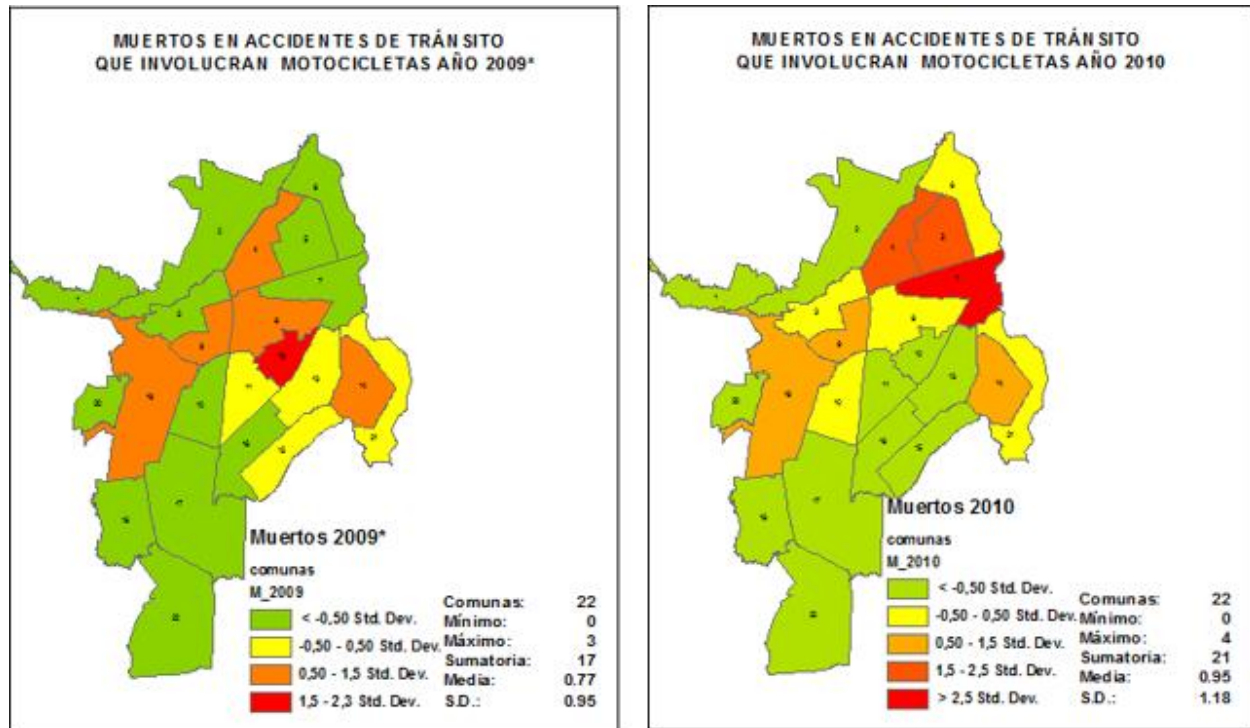


Fig. 22 Estadísticas Variable muertos (M) a nivel de comuna entre 2009* y 2010

Fuente: Elaboración Propia

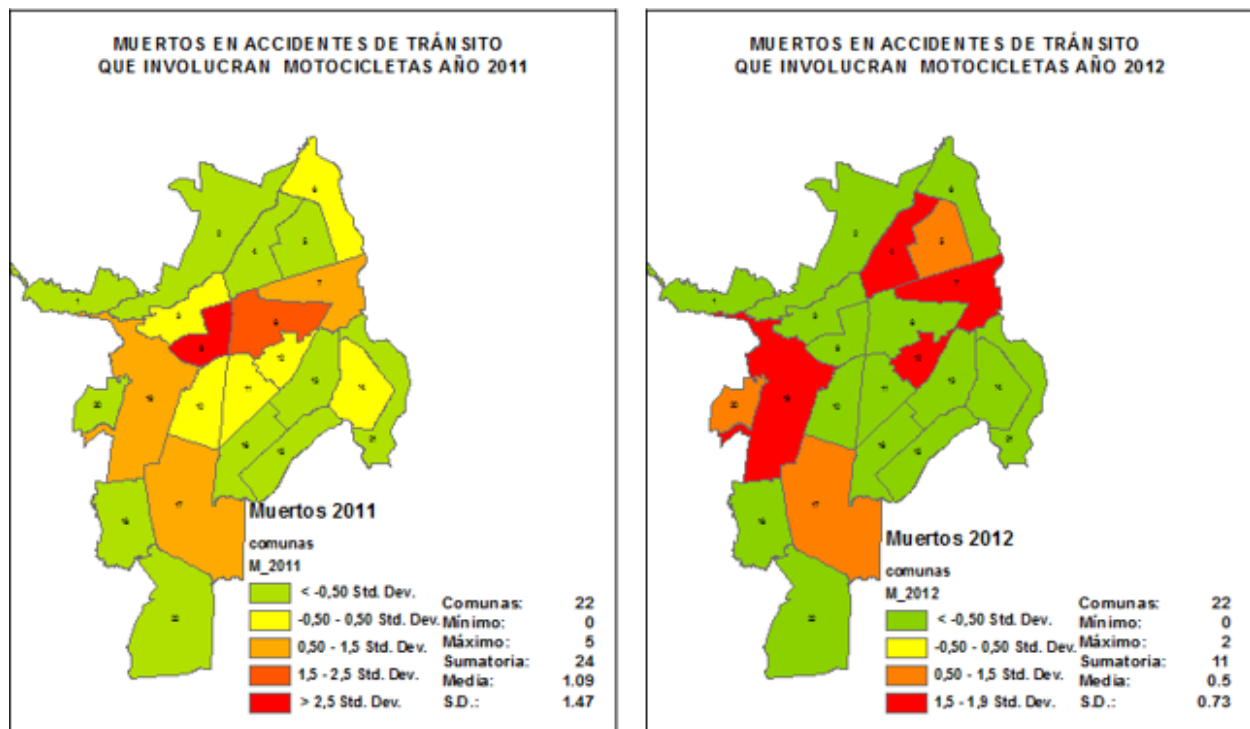


Fig. 23 Estadísticas Variable muertos (M) a nivel de comuna entre 2011 y 2012

Fuente: Elaboración Propia

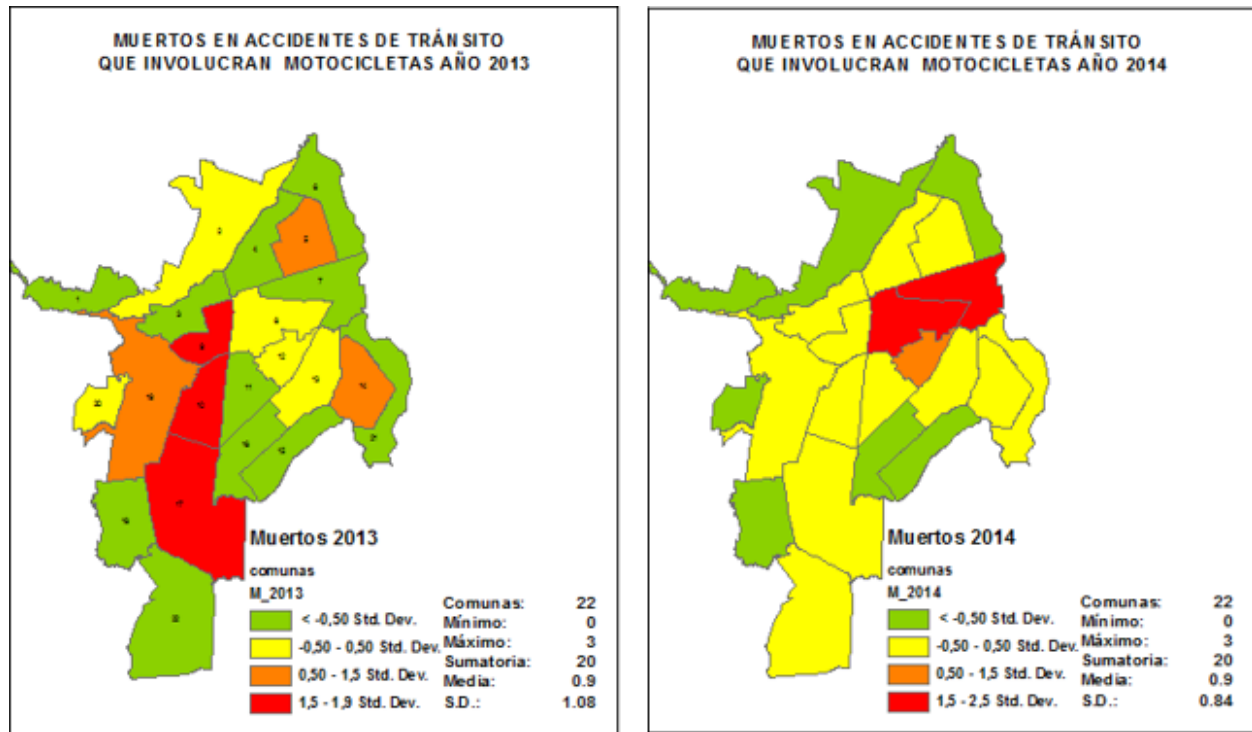


Fig. 24 Estadísticas Variable muertos (M) a nivel de comuna entre 2013 y 2014

Fuente: Elaboración Propia

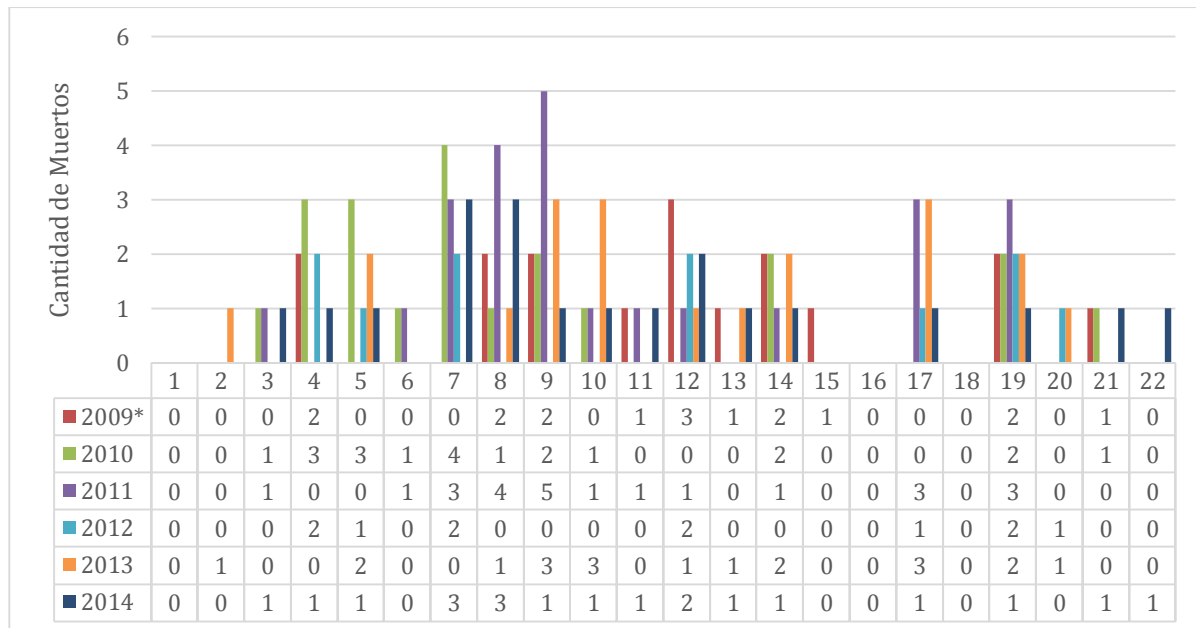


Fig. 25 Muertos (M) a nivel de comuna periodo de estudio 2009*-2014

Fuente: Elaboración Propia

En el año 2009* la comuna 12 registró 3 muertes por accidentes de tránsito, seguida de las comunas 4, 8, 9, 14 y 19 con 2 muertes respectivamente. Para el año 2010 la comuna 7 registró 4 muertes de un total de 21, representando el 19,04% de las muertes en ese año, seguido de las comunas 4 y 5 con 3 muertes en cada comuna. En el año la comuna 9 registró 5 muertes con un 20,84% de las muertes registradas en ese año, seguido de las comunas 8 con 4 muertes y las comunas 7, 17 y 19 con 3 muertos cada una. En el año 2012 las comunas 4, 7, 12 y 19 registraron 2 muertes cada una de un total de 11 muertes en ese año. Para el año 2013 las comunas 9, 10 y 17 registraron 3 muertes cada una, mientras que para el año 2014 fueron las comunas 7 y 8 las que registraron 3 muertes cada una.

9.2. Análisis espacial de los accidentes de tránsito donde se ven involucrados motociclistas

Se llevó a cabo un análisis de hot spot mediante densidad de Kernel haciendo uso de la herramienta Kernel density del software ArcGis 10.2.2, donde se identificaron puntos críticos en los cuales los índices de accidentalidad han sido más altos durante los años de estudio.

En la figura 26 se ilustran los puntos críticos para los años 2010-2014, donde se presentaron los más altos índices de accidentes de tránsito que involucran motocicletas. Los puntos críticos para cada uno de los años así como el número de accidentes registrados se encuentran relacionados en la tabla (6).

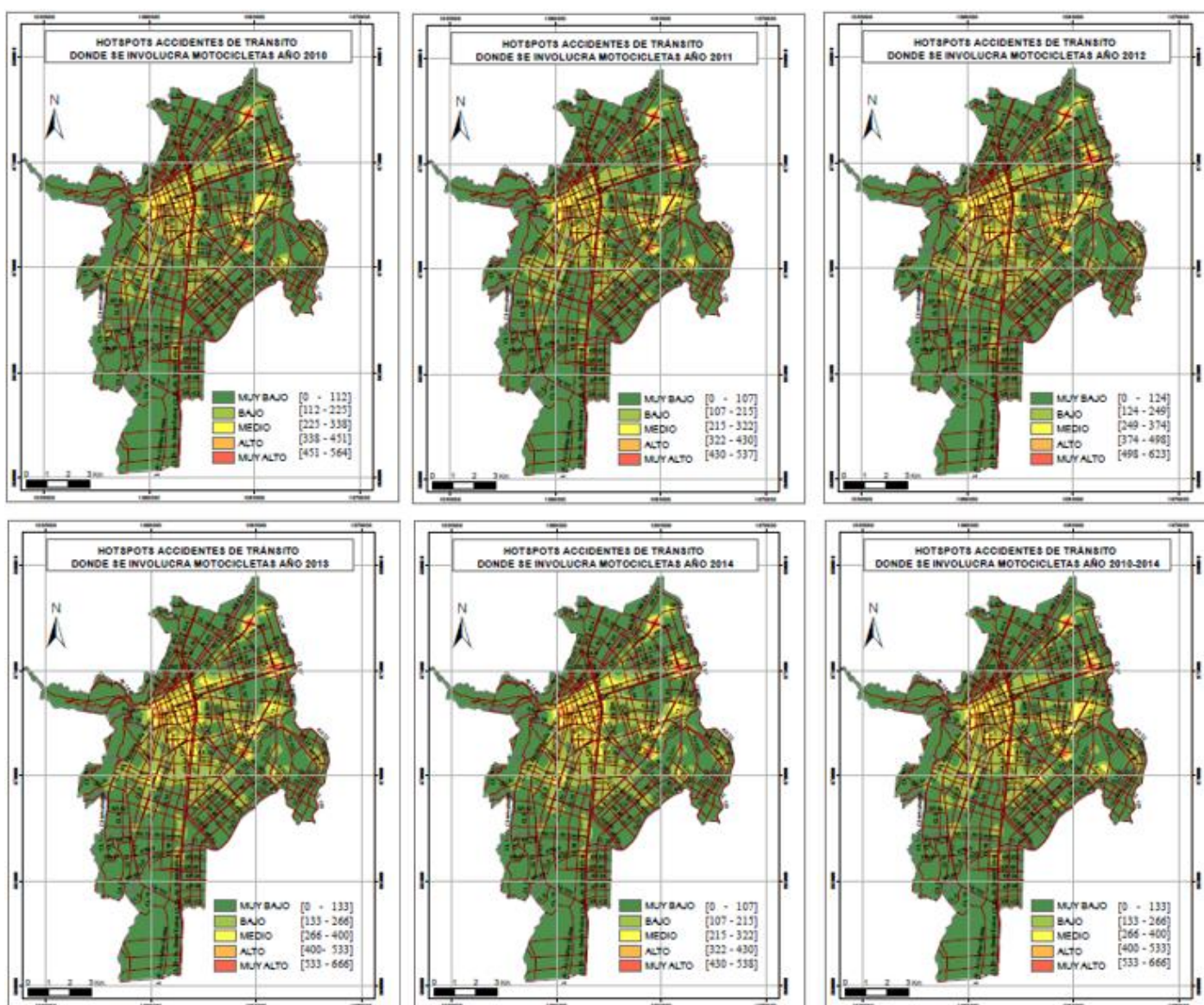


Fig. 26 Identificación de Hot Spots en la ciudad de Cali donde se involucran motocicletas en accidentes de tránsito

Tabla 6 Puntos críticos en Cali donde se presentan accidentes de tránsito que involucran motocicletas

Puntos críticos ciudad de Cali		
Año	Dirección	Nº accidentes que involucran motociclistas
2010	CL 70 con Kr 1 CL 70 con Kr 5 CL 70 con Kr 27	451 - 564
2011	CL 70 con Kr 1 CL 70 con Kr 5 CL 70 con Kr 27	430 - 537
2012	CL 70 con Kr 1 CL 70 con Kr 5 CL 70 con Kr 27	498 - 623
2013	CL 70 con Kr 1 CL 70 con Kr 5 CL 70 con Kr 27	533 - 666
2014	CL 70 con Kr 1 CL 70 con Kr 5 CL 70 con Kr 27	430 - 538
2010-2014	CL 70 con Kr 1 CL 70 con Kr 5 CL 70 con Kr 27	533 - 666

9.3. Análisis de los accidentes de tránsito donde se ven involucrados motociclistas mediante datos de panel

Se llevó a cabo el análisis de la actuación de la construcción de la Motovía mediante la técnica de datos de panel, donde se aplicó el modelo de efectos fijos, el modelo de efectos aleatorios y el test de Hausman, a partir del cual se determina que hay diferencias entre los coeficientes de efectos aleatorios y efectos fijos, por lo tanto es más adecuado usar un modelo de efectos aleatorios, ya que este modelo tiene en cuenta que el valor promedio de cada una de las vías intervenidas es diferente. En la figura 27 se relaciona el código implementado para el análisis.

```
sort conglomerado panel secuencia
xtset panel secuencia

gen interaccion= intervencion*prepost
gen interven_secuencia=intervencion*secuencia
gen prepos_secuencia=prepost*secuencia
gen inter_prepos_secuencia=intervencion*prepost*secuencia

*análisis DATOS PANEL
*EFFECTOS Aleatorios
xtpoisson neventos interven_secuencia prepos_secuencia inter_prepos_secuencia intervencion prepost interaccion secuencia, re irr
estimates store aleatorio

*Efectos fijos
xtpoisson neventos interven_secuencia prepos_secuencia inter_prepos_secuencia intervencion prepost interaccion secuencia, fe
estimates store fijos

*test de Hausman
hausman fijos aleatorio

*diferencia de tendencia preintervención pos intervención en controten ( prepos_secuencia=)
lincom 12*prepos_secuencia, irr

*tendencia preintervención en control (secuencia)
lincom 12*secuencia, irr level(90)

*tendencia postintervención control
lincom (secuencia+prepos_secuencia), irr

*b1+b3+b5+b7
lincom (secuencia+prepos_secuencia+interven_secuencia+inter_prepos_secuencia), irr
```

Fig. 27 Código análisis de datos de panel - evaluación de la Motovía, lenguaje de programación C

La tabla (7) contiene las estimaciones obtenidas con los modelos de datos panel de efectos aleatorios.

Tabla 7 Estimaciones obtenidas a partir de datos de panel

neventos	Efecto	P> z	95% conf. Interval	
interven_secuencia	0,003683	0,321	0,9813232	1,006199
prepos_secuencia	0,982668	0,039	0,9665271	0,9990781
inter_prepos_secuencia	1,016538	0,285	0,9863998	1,047596
Intervención	0,469876	0,388	0,0844218	2,615241
Prepost	1,873924	0,128	0,8339314	4,210886
interaccion	0,550416	0,428	0,1259427	2,405522
secuencia	1,006764	0,051	0,9999748	1,013599
_cosnt	2,743833	0,101	0,8209023	9,171149

Fuente: Elaboración Propia

- **Tendencia Post-Intervención: controles $\beta_1 + \beta_3 = 0.986$**

En el periodo post intervención se estimó una tendencia decreciente en las áreas control, pero no fue estadísticamente significativa [RIA=0.989, IC95%: 0.97-1.04]

- **Tendencia Pre-intervención: áreas control β_1 (secuencia)**

Antes del funcionamiento de la Motovía se presentó una tendencia creciente estadísticamente significativa (p_valor=0.051) en las áreas control con un incremento mensual de 0.6% lo que representa un incremento del 0.8% por cada año que transcurría en las áreas no intervenidas antes de la intervención de la Motovía [RIA=1.08, IC90%:1.01-1.16].

- **Diferencia Pre-intervención Vs Pos-intervención: áreas control β_3 (prepos_secuencia)**

En las áreas control al iniciar la intervención se identificó una tendencia decreciente estadísticamente significativa con una reducción mensual del 2% al compararse con la tendencia antes de la intervención en estas mismas áreas. Después de 12 meses se estimó una reducción del 19% [RIA=0.81, IC95%:0.66-0.98] en las áreas comparada con la tendencia antes de la intervención.

- **Tendencia Pos-intervención: áreas intervenidas $\beta_{1+} \beta_3 + \beta_5 + \beta_7$**

En el periodo pos-intervención se estimó una tendencia decreciente no estadísticamente significativa en las áreas intervenidas, [RIA=0.99, IC90%: 0.97-1.02].

Los resultados obtenidos en este estudio mediante datos de panel arroja que la intervención no muestra reducción adicional significativa de los accidentes de tránsito donde se ven involucrados motociclistas, resultados que contrastan con los obtenidos por (Gutiérrez-Martínez et al., 2014) en la "Evaluación del impacto de la Motovía en Cali, 2012-2013" donde consideraron flujos, velocidades y seguridad vial para los usuarios, así como infraestructura y elementos urbanísticos de la vía, donde se encontró al realizarse un análisis comparativo de los eventos de tránsito (Daños, Lesiones y Muertes) que hubo una reducción de aproximadamente el 50% del índice de accidentes después de la intervención de los segregadores, además de que no se presentaron eventos mortales durante el periodo de estudio (diciembre 2011-noviembre2013), a partir del cual se evidenció la efectividad de la Motovía en la disminución de los índice de morbilidad y mortalidad.

10. CONCLUSIONES

Mediante el análisis de Hot Spots realizado con el software ArcGis versión 10.2.2 se identificaron 3 intersecciones viales la cuales presentaron los más altos índices de accidentalidad en la ciudad de Cali para el periodo 2010 - 2014, así como también se logró identificar que el año 2013 presentó un mayor número de accidentes de tránsito donde se ven involucradas motocicletas. El año 2009* no se consideró debido a que solo toma los meses de septiembre – diciembre por lo cual no es posible analizar el periodo completo.

El análisis espacial mediante el cual se identificaron las intersecciones de mayor accidentalidad en la ciudad de Cali puede ser una herramienta útil para las entidades competentes encargadas de tomar medidas en cuanto a la planificación de medidas en pro de reducir las altas cifras de accidentes donde se ven involucrados motociclistas.

De acuerdo al análisis estadístico de los datos para el periodo de estudio, los meses donde se presentaron mayor número de accidentes de tránsito que involucran motocicletas en el periodo de estudio fueron los meses de marzo y mayo, y el año que registró el mayor número de accidentes de tránsito que involucran motocicletas fue el año 2013 con 10891 eventos.

El año 2013 registró la tasa más alta de accidentes de tránsito que involucran motocicletas por cada 100000 habitantes durante el periodo de estudio (470 eventos), mientras que la tasa más alta de accidentes por cada 1000 motocicletas registradas fue de 80 eventos en el año 2010.

A partir de los análisis realizados a cada una de las variables de estudio, se logró determinar que la comuna 19 de la ciudad de Cali presenta mayor número de accidentes de tránsito donde se ven involucrados motociclistas, con un 10.93% del total de los accidentes ocurridos durante el periodo de estudio.

El estudio realizado mediante datos de panel no arrojó decremento adicional en la accidentalidad en las vías intervenidas con carriles exclusivos para los motociclistas, mientras que si se aprecia una tendencia decreciente estadísticamente significativa en las vías sin intervenir del 2% por mes transcurrido después de la actuación de la Motovía, y una reducción del 19% por año transcurrido después de la Motovía.

Los datos que arrojó el estudio utilizando la metodología de datos de panel no evidencia que la Motovía sea una medida de seguridad vial funcional para reducir el índice de accidentalidad en los usuarios de motocicleta. Esto no indica que no se puedan explorar otros métodos que permitan evaluar la efectividad de dicha intervención, considerando otros factores que no se hayan tenido en cuenta en el presente estudio.

Se puede concluir que los resultados obtenidos en este estudio difieren con los obtenidos por (Gutiérrez-Martínez et al., 2014) debido a las variables o términos que emplearon para evaluar la intervención de la Motovía, además de considerar los flujos de motocicletas que de acuerdo al estudio aumentó en el área intervenida, mientras que para la implementación de la técnica de datos de panel solo se consideran los accidentes de tránsito que involucran motocicletas tanto en las vías intervenidas como en los controles en el periodo pre intervención y post intervención para llevar a cabo el análisis.

Este estudio tiene limitaciones debido a que en el análisis de datos de panel no se considera el flujo de motocicletas en las vías de estudio, lo cual crea ausencia en el efecto de la intervención, mostrando así que la Motovía no muestra reducciones adicionales significativas en la accidentalidad.

La ausencia en el efecto de la intervención no está controlada por el flujo de motocicletas. La Motovía puede haber arrastrado flujos desde áreas circundantes hacia la Motovía misma, lo que indica que si aumenta el flujo de motos también aumenta la densidad de accidentes de tránsito.

Los análisis de datos estadísticos no se pudieron comparar con cifras de entidades oficiales debido a que en este estudio se trabaja con accidentes de tránsito donde se involucran motocicletas y no el actor motociclista como tal, lo cual presenta limitaciones al intentar comparar los resultados con cifras del Observatorio de Movilidad Sostenible y demás entidades encargadas de estos estudios.

11. RECOMENDACIONES

Se recomienda en un estudio futuro considerar otras variables que permitan ajustar el modelo, así como también realizar estudios donde se considere el aumento en el flujo de motocicletas en la Motovía en los años de estudio.

12. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Abdul Manan, Muhammad Marizwan, Jonsson, Thomas, & Várhelyi, András. (2013). Development of a safety performance function for motorcycle accident fatalities on Malaysian primary roads. *Safety Science*, 60(Supplement C), 13-20. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2013.06.005>
- Aguero-Valverde, Jonathan. (2013). Multivariate spatial models of excess crash frequency at area level: Case of Costa Rica. *Accident Analysis & Prevention*, 59(Supplement C), 365-373. doi: <https://doi.org/10.1016/j.aap.2013.06.014>
- ANDI. (2017). Importancia social de la motocicleta en Colombia.
- Arnau, Jaume, & Bono, Roser. (2008). Estudios longitudinales de medidas repetidas: Modelos de diseño y análisis. *Escritos de Psicología (Internet)*, 2, 32-41.
- Barroso, Diana Gómez, Cuadrado, Teresa López, Llácer, Alicia, Suárez, Rocío Palmera, & Cuenca, Rafael Fernández. (2015). Análisis espacial de los accidentes de tráfico con víctimas mortales en carretera en España, 2008-2011. *Gaceta Sanitaria*, 29(Supplement 1), 24-29. doi: <https://doi.org/10.1016/j.gaceta.2015.02.009>
- CALI-EN-CIFRAS. (2014). *CALI EN CIFRAS 2014*. Cali.
- . Conceptos y definiciones. (2017).
- Cortés, Carlos Miguel Montero. (2012). *Caracterización del trauma en accidentes de motocicleta tratados en el hospital de Kennedy*. (Especialización), Universidad del Rosario, Bogotá, Colombia. Retrieved from <http://repository.urosario.edu.co/bitstream/handle/10336/2985/77190518-2012.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Encarnación, Kevin Ricardo Encarnación, & Pancho, Jose Antonio Guachimin. (2015). *"formulación de indicadores para el análisis de la seguridad vial en la ciudad de Cuenca"*. Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca, Cuenca.
- Esri. (2017). Cómo funciona la densidad de Kernel. from <https://pro.arcgis.com/es/pro-app/tool-reference/spatial-analyst/how-kernel-density-works.htm#GUID-3BCBF5CA-CAC7-4547-A3CF-B5E30FDE584E>
- Ferrer, Anna, Smith, Ricardo, Espinosa, Oscar, Cuellar, Muricio, & Raffo, Verónica. (2013). Análisis de la capacidad de Gestión de la Seguridad Vial (pp. 256). Colombia: Global Road Safety Facility.
- fuentes, Sergio Hidalgo. (2015). *Estudio descriptivo de la accidentalidad de motocicletas scooter en España (2006-2011)*. Universidad de Valencia.

- Gómez, Carlos Andrés Valencia, & Medina, Daniel Zapata. (2014). *Análisis comparativo y caracterización de la Motovía implementada en la ciudad de Cali*. (Pregrado), Pontificia Universidad Javeriana Cali, Santiago de Cali. Retrieved from <http://vitela.javerianacali.edu.co/handle/11522/3149>
- Gutiérrez-Martínez, María Isabel, Losada, Carlos Andrés Fandiño, Murillo, Jhon Jairo Medina, López, Martha Ligia Herrera, Quintero, Carlos David García, García, Verónica Iglesias, & Valencia, Adriana López. (2014). Informe Final Evaluación del Impacto del Piloto de la Motovía de Cali 2012-2013 (pp. 132). Cali, Valle del Cauca: Instituto CISALVA.
- Haque, Md Mazharul, Chin, Hoong Chor, & Huang, Helai. (2010). Applying Bayesian hierarchical models to examine motorcycle crashes at signalized intersections. *Accident Analysis & Prevention*, 42(1), 203-212. doi: <https://doi.org/10.1016/j.aap.2009.07.022>
- Ibitoye, A. B., Radin, R. S., & Hamouda, A. M. S. (2007). Roadsive barrier and passive safety of motorcyclists along exclusive motorcycle lanes. *Engineering Science and Technology*, 2, 1-20.
- Le, To Quyen, & Nurhidayati, Zuni Asih. (2016). A Study of Motorcycle Lane Design in Some Asian Countries. *Procedia Engineering*, 142(Supplement C), 292-298. doi: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.02.044>
- Li, Yang, Qiu, Jun, Liu, Guo-dong, Zhou, Ji-hong, Zhang, Liang, Wang, Zheng-guo, . . . Jiang, Zhi-quan. (2008). Motorcycle accidents in China. *Chinese Journal of Traumatology (English Edition)*, 11(4), 243-246. doi: [https://doi.org/10.1016/S1008-1275\(08\)60050-4](https://doi.org/10.1016/S1008-1275(08)60050-4)
- Linden, Ariel. (2017). A comprehensive set of postestimation measures to enrich interrupted time-series analysis. *The Stata Journal*, 17, 73-88.
- Mayorga, Mauricio, & Muñoz, Evelyn. (2000). La técnica de datos de panel una guía para su uso e interpretación. 20. http://www.bccr.fi.cr/investigacioneseconomicas/metodoscuantitativos/Tecnica_datos_panel_una_guia_para_su_uso_e_interpretacion.pdf
- Medellín, Consejo de. (2008). *"Carriles especiales para uso exclusivo de las motos"*.
- Meneses Falcón, Carmen, Gil García, Eugenia, & Romo Avilés, Nuria. (2010). Adolescentes, situaciones de riesgo y seguridad vial. *Atención Primaria*, 42(9), 452-458. doi: <https://doi.org/10.1016/j.aprim.2009.10.013>
- Ministerio-de-Transporte. (2005). MANUAL PARA EL DILIGENCIAMIENTO DEL FORMATO DEL INFORME POLICIAL DE ACCIDENTES DE TRANSITO ADOPTADO SEGÚN RESOLUCIÓN 004040 DEL 28 DE DICIEMBRE DE 2004 MODIFICADA POR LA RESOLUCIÓN 1814 DEL 13 DE JULIO DE 2005. (D. d. T. y. Transporte, Trans.) (pp. 109).

- Mohammadi, Mojtaba Ale. (2014). *Longitudinal analysis of crash frequency data*. (Ph. D. In Civil Engineering). Retrieved from http://scholarsmine.mst.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=3500&context=doctoral_dissertations
- MOVIS, Observatorio de Movilidad Sostenible y Seguridad Vial. (2016). Boletín Anual de Eventos (pp. 17).
- Novoa, Ana M., Pérez, Katherine, & Borrell, Carme. (2009). Efectividad de las intervenciones de seguridad vial basadas en la evidencia: una revisión de la literatura. *Gaceta Sanitaria*, 23(6), 553.e551-553.e514. doi: <https://doi.org/10.1016/j.gaceta.2009.04.006>
- OMS. (2015a). INFORME SOBRE LA SITUACIÓN DE LA SEGURIDAD VIAL 2015. 2017, from http://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2015/Summary_GSR_RS2015_SPA.pdf?ua=1
- OMS. (2015b). Lesiones causadas por el tránsito.
- OMS. (2017). Foro Internacional de Seguridad del Motociclista: ¿Qué hacer para reducir sus lesiones y muertes? y Día mundial de las víctimas de accidentes de tránsito. from http://www.paho.org/col/index.php?option=com_content&view=article&id=1347:foro-internacional-de-seguridad-del-motociclista-ique-hacer-para-reducir-sus-lesiones-y-muertes-y-dia-mundial-de-las-victimas-de-accidentes-de-transito&Itemid=460
- Orellana, Liliana. (2001). Estadística Descriptiva (pp. 64).
- Ortega, Fabio Nelson Rodríguez. (2016). *MANUAL DE TOPOGRAFÍA APLICADO A LA INVESTIGACIÓN Y RECONSTRUCCIÓN DE ACCIDENTES DE TRÁNSITO*. (Ingeniero en Topografía), Universidad Francisco José de Caldas. Retrieved from file:///E:/Users/Usuario/Downloads/TESIS%20FINAL%202016.pdf
- Osorio Cuellar, G. V., Pacichana Quinayaz, S. G., Bonilla Escobar, F. J., Fandino Losada, A., Jaramillo Molina, C., & Gutierrez Martinez, M. I. (2015). First motorcycle-exclusive lane (Motovia) in Colombia: perceptions of users in Cali, 2012-2013. *Int J Inj Contr Saf Promot*, 24(2), 145-151. doi: 10.1080/17457300.2015.1061563
- Oviedo, Erika Paola Cabezas, Aguirre, Lady Viviana Mora, Cuellar, German Andrés Peña, & Perez, Julieth Karina Sinisterra. (2014). *Caracterización de las muertes por siniestros en motocicleta en Ibagué, 2008-2012*. Universidad del Tolima, Ibagué-Tolima. Retrieved from <http://repository.ut.edu.co/bitstream/001/1159/1/RIUT-CEA-spa-2014-%20Caracterizacion%20De%20Las%20Muertes%20Por%20Siniestros%20En%20Motocicleta%20En%20Ibague%20C3%A9%202008%20-2012.pdf>
- . Plan Mundial para el Decenio de Acción para la Seguridad Vial 2011-2020.

- Planzer, Rosemarie. (2005). La seguridad vial en la región de América Latina y el Caribe. Situación actual y desafíos In CEPAL (Ed.). In S. R. N. e. Infraestructura (Series Ed.) (102 ed., pp. 71). Santiago de Chile. Retrieved from <http://repositorio.cepal.org/handle/11362/6296>.
- Ricardi, Fernando Quevedo. (2011). Medidas de tendencia central y dispersión. *MEDWave*, 3, 6. doi: 10.5867
- Secretaria-de-Movilidad. (2017). Informe mensual de eventos de tránsito diciembre 2017 (S. d. Movilidad, Trans.). Cali - Valle del Cauca: Alcandía de Santiago de Cali.
- Umar, R. S., Mackay, M. G., & Hills, B. L. (1995). Preliminary analysis of exclusive motorcycle lanes along the federal highway F02, Shah Alam, Malaysia. *IATSS Research*, 19, 3136/3196.
- Vargas, Cynthia Vanessa Ramírez, Ospina, Nancy Cifuentes, & Cristancho, Laura Milena cala. (2015). *Generación de un carril exclusivo para motocicletas en la localidad de Santa Fe (Bogotá D.C)*. Universidad La Gran Colombia, Bogotá, Colombia.